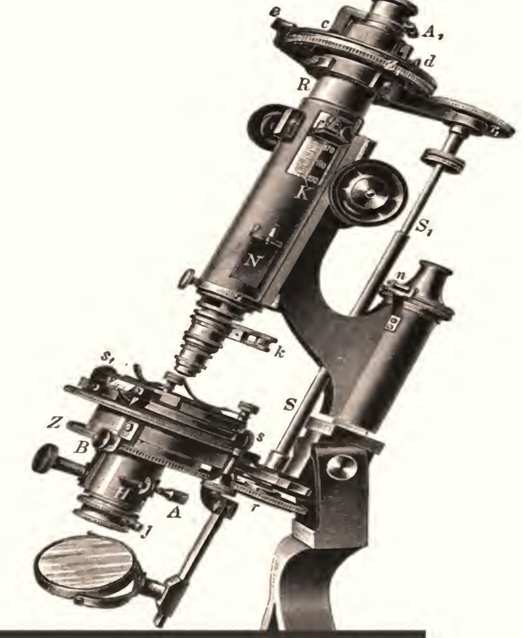
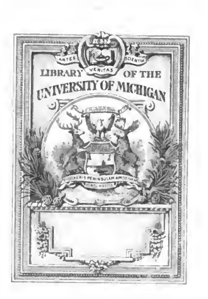
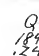
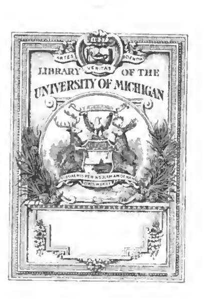


Zeitschrift für Instrumentenkunde

Ernst Dorn, Physikalisch-Technische Reichsanstalt (Germany)


ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN




ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN

ZEITSCHRIFT

FÜR

INSTRUMENTENKUNDE.

Organ

für

Mittheilungen aus dem gesammten Gebiete der wissenschaftlichen Technik.

Herausgegeben

unter Mitwirkung der

Physikalisch-Technischen Reichsanstalt

von

E. Abbe in Jena, **Fr. Arzberger** in Wien, **S. Czapski** in Jena, **W. Foerster** in Berlin, **R. Fuess** in Berlin, **R. Helmert** in Potsdam, **W. Jordan** in Hannover, **H. Kronecker** in Bern, **H. Krüss** in Hamburg, **H. Landolt** in Berlin, **V. v. Lang** in Wien, **S. v. Merz** in München, **G. Neumayer** in Hamburg, **A. Raps** in Berlin, **J. A. Repsold** in Hamburg, **A. Rueprecht** in Wien, **A. Westphal** in Berlin.

Redaktion: Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin

Sechzehnter Jahrgang 1896.

Mit Beiblatt: Vereinsblatt der Deutschen Gesellschaft für Mechanik und Optik, 1896.



Berlin.
Verlag von Julius Springer.
1896.

Inhaltsverzeichniss.

Referate.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Redaktionskuratorium:

Geh. Reg.-Rath Prof. Dr. **H. Landolt**, Vorsitzender, Prof. Dr. **A. Westphal**, geschäftsführendes Mitglied,
Prof. Dr. **E. Abbe**, **H. Haensch**, Dr. **H. Krüss**.

Redaktion: Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XVI. Jahrgang. **Januar 1896.** Erstes Heft.

An unsere Leser!

Mit dem neuen Jahrgange tritt eine schon vor vielen Jahren geplante Erweiterung unserer Zeitschrift dadurch ein, dass ihr das bisher als selbstständiges Organ erschienene

Vereinsblatt der deutschen Gesellschaft für Mechanik und Optik

als Beiblatt angegliedert wird. Jeder Nummer des Hauptblattes werden in Zukunft zwei Nummern des halbmonatlich erscheinenden Beiblattes beiliegen.

Eine Erhöhung des Abonnementpreises ist mit dieser Erweiterung nicht verbunden.

Aus der beiliegenden ersten Nummer des Beiblattes und der an seiner Spitze abgedruckten Ankündigung ist ersichtlich, in welcher Weise die Stoffvertheilung zwischen Hauptblatt und Beiblatt in Zukunft stattfinden soll. Die „Patentschau“ und die Mittheilungen „Für Laboratorium und Werkstatt“ werden nunmehr im Beiblatt erscheinen, auf dessen Annoncentheil wir alle unsere Leser noch ganz besonders hinweisen möchten; im Uebrigen bleibt der Inhalt und Charakter der Zeitschrift für Instrumentenkunde vollkommen gewahrt.

Möge diese Neugestaltung den Beifall unserer bisherigen Leser finden und unserer Zeitschrift im Inland und Ausland neue Freunde erwerben.

Die Herausgeber.

Das Horizontalpendel.[1])

Von
Dr. **Hecker** in Potsdam.

Die Anwendung des Newton'schen Gravitationsgesetzes auf die Schwerkraftverhältnisse unserer Erde musste bald nach seiner Entdeckung zu der Erkenntniss führen, dass Intensität und Richtung der Schwerkraft nicht konstant sind und nicht nur von der Erdmasse allein abhängen, sondern auch eine Funktion der Stellung der Himmelskörper Sonne, Mond u. s. w. bilden. Es lag nun nahe zu versuchen, ob sich hierfür nicht auch ein experimenteller Beweis beibringen lasse.

Gruithuizen in München, wohl der erste, der Versuche dieser Art anstellte, ging, ohne sich über die zu erwartende Grössenordnung der Veränderung durch eine grundlegende numerische Berechnung Klarheit verschafft zu haben, in folgender Weise vor.

Er beobachtete ein 10 Fuss langes Bleiloth, an dem unten eine Skale angebracht war, mit einem Fernrohr und glaubte deutliche Abweichungen von der Vertikalen wahrgenommen zu haben, die nicht „von zufälligen Ursachen, sondern von der Bewegung der Erde und dem Einfluss der Nähe der grösseren Himmelskörper herrührten".

Eine kurze Ueberlegung zeigt aber, dass Messungen, die in einer so rohen Weise und an einem so kurzen Loth ausgeführt werden, keine Aussicht auf Erfolg haben können. Nach C. A. F. Peters sind nämlich die Ablenkungen des Lothes, die der Mond unter günstigen Bedingungen hervorbringen kann, 0,0174 Bogensekunden, die Sonne kann dagegen unter gleichen Verhältnissen das Loth nur um 0,008 Bogensekunden ablenken. Da diese Beträge sich für die östliche und westliche Stellung des Mondes bezw. der Sonne summiren, erhält man als maximale Winkeldifferenzen für den Mond 0,035 und für die Sonne 0,016 Bogensekunden, was bei einem 10 Fuss langen Loth einer seitlichen Verschiebung von rund 0,0006 *mm* bezw. 0,00025 *mm* entspricht, Grössen, die natürlich nicht nach der von Gruithuizen angewandten Methode gemessen werden können. Seine Messungsresultate sind daher jedenfalls auf die Einwirkung äusserer Umstände zurückzuführen.

Diese Versuche Gruithuizen's haben jedoch auf einen seiner Schüler, Lorenz Hengler aus Reichenhofen, welcher 1830—31 in München studirte, anregend gewirkt. Dieser hat nicht nur die Grundidee eines unserer empfindlichsten Präzisionsinstrumente, des Horizontalpendels, entwickelt, sondern es auch ausgeführt und Beobachtungen mit demselben angestellt. Das Prinzip, auf welches sich dieses Instrument zur Beobachtung der Richtung der Schwerkraft gründet, ist folgendes. Macht man die Verbindungslinie zweier fester Punkte zur Rotationsachse eines Körpers, dessen Schwerpunkt ausserhalb der Rotationsachse liegt, so liegt die Richtung der Schwerkraft stets in der Ebene durch die Rotationsachse und den Schwerpunkt. Um die

---

[1]) Herr Dr. E. von Rebeur-Paschwitz, der im Oktober vorigen Jahres der Wissenschaft leider so früh entrissen wurde, hatte der Redaktion einen Aufsatz über das Horizontalpendel und die mit der neuesten, von Stückrath herrührenden Ausführungsform dieses Instruments erhaltenen Resultate im Frühjahr vorigen Jahres bereitwilligst zugesagt; doch machten ihm schwere Leiden das Anstellen von Versuchen im verflossenen Sommer unmöglich. Bei Abfassung des vorliegenden Aufsatzes leisteten einige Notizen über die älteren Formen des Horizontalpendels vortreffliche Dienste, die der Verstorbene noch gesammelt hatte, und die Herr Kapitänlieutenant H. von Rebeur-Paschwitz aus dem wissenschaftlichen Nachlass seines Bruders freundlichst zur Verfügung stellte. — Die Red.

grösste Empfindlichkeit zu erreichen, muss man die Rotationsachse, soweit es die materielle Beschaffenheit des Instrumentes erlaubt, der Vertikalen nähern. Der Apparat gleicht somit im Prinzip einem Pendel, dessen Schneide senkrecht und dessen Pendelstange horizontal steht. Sieht man von den mechanischen Verhältnissen ab, so erfolgt die Bewegung eines Horizontalpendels so, wie die eines gewöhnlichen Pendels, bei dem die bewegende Kraft gleich der Schwerkraft multiplizirt mit dem Sinus des Neigungswinkels der Rotationsachse gegen die Vertikale ist. Hengler bezeichnet sein Instrument als ein Mittelding zwischen Pendel nnd Waage nnd gab ihm, „weil es vorzüglich zu astronomischen Untersuchnngen bestimmt ist", den Namen „astronomische Pendelwaage". Seine Beschreibnng des Instrumentes (Fig. 1) lantet:

„Es seien A und B senkrecht übereinander stehende feste Pnnkte: DH nnd AF zwei Fäden, welche in A nnd H befestigt sind nnd den Hebelarm DP, dessen Schwerpunkt nach P fällt, in horizontaler Lage halten; so wird dieser Hebelarm nur in einer mit der Linie MN (welche durch H nnd B gezogen ist) parallelen Lage ruhen, und jedes Mal wieder dahin znrückkehren, wenn er dnrch eine Kraft aus dieser Lage gebracht worden ist, oder eigentlich nach Art eines Pendels hin- und herschwingen, und zwar in einer schiefen Ebene, deren Neigungswinkel = HAB ist. Man mag daher ein Gewicht oder eigentlich den Schwerpunkt des Hebelarmes auf jeden beliebigen Punkt desselben übertragen, so beschreibt er Schwingungen in einer unter Neigungswinkel HAB gelegten Ebene, wobei die Länge des Pendels dem Abstand von dem Punkte Z (wenn dieses der Punkt ist, wo die Linie HA den Hebelarm schneidet) proportional ist."

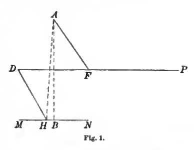


Fig. 1.

Als Hauptpnnkte zur Berücksichtigung bei der Verfertigung seiner Waage bezeichnet er folgende. „1. Die Punkte A nnd H müssen unbeweglich fest sein; es wird daher zur Aufstellung dieses Instrumentes ein ebenso festes Lokal erfordert, als zn irgend einem anderen astronomischen Instrumente. 2. Die Fäden AF nnd DH dürfen keine drehende Kraft haben, anch keine bekommen durch jede barometrische, hygrometrische und thermometrische Veränderung; sie dürfen daher nicht aus geflochtenen oder gesponnenen Stoffen sein, sondern ans gewobenen oder reinen Naturprodukten, z. B. nngesponnener Seide, Rosshaar etc. 3. Alle fremden Kräfte müssen abgehalten werden, besonders Lnftzng, oder auch Magnetismus, Elektrizität etc. Der Hebelarm darf daher nicht aus Eisen oder überhaupt aus einem Material, auf welches Magnetismus oder Elektrizität besonderen Einfluss haben, verfertigt werden. Um den Luftzug möglichst abzuhalten, wird das ganze Instrument hermetisch verschlossen, sodass nur bei P mittelst eines Mikroskopes der Hebelarm betrachtet werden kann, der sich dort in eine feine Spitze endigt, unter welcher eine Skale angebracht ist. 4. Auch ist noch eine Vorrichtung zu treffen, den Hebelarm in Rnhe zn bringen; denn sonst wäre man genöthigt, den Stand desselben dnrch die Grenzen der Oszillation selbst zu bestimmen, weil der Hebelarm, wenigstens nach meinen bisherigen Beobachtungen, niemals ganz ruhig ist." Wie wir sehen, sind Hengler die wichtigsten Fehlerquellen, welche die Präzision seiner Waage beeinträchtigen konnten, bekannt gewesen.

Hengler's erste Versuche richteten sich hauptsächlich auf den Nachweis der Attraktion der Sonne nnd des Mondes. Er liess in einem Zimmer von 16 Fnss Höhe

an der Decke und am Boden seine Waage, die einen Hebelarm von 10 Fuss Länge hatte, anbringen und gab dem Hebelarm eine Schwingungszeit von 5 Minnten, sodass also die Empfindlichkeit des Instrumentes sehr gross war. Er theilt dann über seine Beobachtungen folgendes mit: „Dieses Instrument verschloss ich hermetisch, sodass nur der Hebelarm bei P mittelst des Mikroskopes betrachtet werden konnte. Ich stellte nun im Neumonde des Monats März die Waage so, dass der Hebelarm Mittags 12 Uhr in der Mittagslinie ruhte, und nnn machte er folgende Oszillationen: Von 12 Uhr an zog er sich immer mehr und mehr gegen Westen, bis etwa nach 3 Uhr; kehrte dann wieder allmählich zurück, sodass er etwas nach 6 Uhr wieder in der Mittagslinie stand; zog sich dann nach nnd nach hinüber gegen Osten, bis nach 9 Uhr; kehrte dann allmählich wieder zurück, sodass er gegen 12½ Uhr wieder in der Mittagslinie stand. Diese Oszillationen wiederholte er immer in der nämlichen Zeit, wovon ich mich 2 Monate lang täglich überzeugte. Wenn ich die Grenzen der Oszillationen an verschiedenen Tagen verglich, so zeigte es sich, dass sie am grössten waren znr Zeit des Nen- oder Vollmondes, am kleinsten aber in den Quadraturen. Das tägliche Ab- nnd Znnehmen aber anch nur einigermaassen zu bestimmen, bin ich wegen der Untauglichkeit des Lokales nicht im Stande und kann also nur das als unbezweifeltes Endresultat annehmen, dass diese Oszillationen der Waage wirklich von der Attraktion der Sonne und des Mondes herrührten; bin aber anch überzeugt, dass man die Attraktion des Mondes selbst und daher anch seine Masse durch dieses Instrument genan bestimmen kann, sobald man ein dazu taugliches Lokal hat."

Hengler stellte dann anch Versnche an in Bezug auf die Kraft, „mit welcher ein Körper sich gegen den Aequator zn bewegen strebt, wegen der Achsendrehung der Erde". Er brachte seine Pendelwaage in einem Raume von 100 Fnss Höhe an, machte aber den oberen Faden AF (Fig. 1) nnr ½ Fuss, den unteren dagegen 99½ Fnss lang und befestigte an dem Hebelende P einen Faden, an dem ein Gewicht angebracht war, das fast den Boden berührte. Stand nun der Hebelarm senkrecht zur Meridianebene und wnrde das Gewicht aufgezogen, so bewegte sich der Hebelarm nach Süden. Hengler bemerkt, dass diese Bewegung schon wahrnehmbar gewesen sei, wenn er das Gewicht anch nur um einige Fuss emporgezogen habe und fügt dann hinzu, dass dieses ein direkter Beweis für die Achsendrehung der Erde sei.

Anch benntzte er seine Pendelwaage zu Versnchen darüber, „ob alle Materie gleich gravitire gegen den Mond und gegen die Sonne"; bei diesen hat er aber keine Resultate erhalten; er sucht den Grund dafür in der Untauglichkeit des Lokales.

Am Schlusse seiner Abhandlung zeigt Hengler noch, wie das Prinzip seiner Pendelwaage für die Konstruktion eines sehr empfindlichen Nivellirinstrumentes verwerthet werden könne; er hat anch ein solches anfertigen lassen nnd der Kgl. bayr. Akademie der Wissenschaften vorgelegt.

Es kann keinem Zweifel unterliegen, dass die von Hengler angeführten Beobachtnngsresultate auf die Einwirknng änsserer Einflüsse zurückzuführen sind. Seine Abhandlnng über die Pendelwaage in *Dingler's polytechnischem Journal* **43.** *1832* hat leider nicht die Beachtung gefunden, die sie ohne Zweifel verdiente, seine Versnche sind wohl kaum wiederholt worden und die Pendelwaage gerieth in Vergessenheit.

Wie so häufig in der Geschichte der Wissenschaften wiederholt sich auch hier die Erscheinung, dass eine neue Idee unabhängig und nahezu gleichzeitig bei verschiedenen Forschern anftancht. Der französische Gelehrte Perrot kam ebenfalls anf das Prinzip der Pendelwaage, ohne Hengler's Abhandlung zu kennen. Er

schlägt einen Apparat für die Messung von Aenderungen der Richtung der Schwerkraft von der folgenden Konstruktion vor[1]).

„Wir denken uns 2 genau in derselben Vertikalen liegende feste Punkte, 2 *m* von einander entfernt. Wir befestigen nun an dem oberen einen sehr feinen Faden, der einen ungleicharmigen Hebel trägt, und bringen diesen Hebel in die horizontale Lage mittels eines anderen Fadens, der an dem kurzen Hebelarme und dem unteren festen Punkte angebracht ist.“ Wie man sieht, ist dieser Apparat völlig identisch mit der Heugler'schen Pendelwaage. Perrot geht dann näher auf die Wirkungsweise dieses Apparates ein und setzt die Gründe seiner ausserordentlichen Empfindlichkeit für Aenderungen in der Richtung der Schwere auseinander. Er hat auch selbst einen Apparat roh ausführen lassen, und er bemerkt, dass dieser ihm sensibler erschienen sei, als ein ausgezeichnetes Niveau, obwohl die Fäden seiner Waage nur 20 *cm* Länge gehabt hätten. Weitere Versuche hat Perrot mit seinem Instrumente nicht angestellt.

Als dritter hat, unbekannt mit den Ideen Heugler's und Perrot's, der Leipziger Astronom Zöllner das Horizontalpendel, wie er es zuerst nennt, erfunden. Er hat mit demselben viel experimentirt und es wesentlich verbessert. Wie er in den *Berichten der Kgl. Sächs. Gesellsch. d. Wiss. 1869* mittheilt, war seine Absicht, einen Apparat zu konstruiren, der „sowohl die Massen, als die Entfernungen von Sonne und Mond, als auch die Zentrifugalkraft an einem gegebenen Punkte der Erde zu bestimmen“ gestatte.

Der zuerst von Zöllner zu diesem Zwecke erdachte Apparat war in folgender Weise angeordnet. Eine 210 *mm* lange dünne Glasstange war an dem einen Ende durch einen 170 *mm* langen feinen Stahldraht mit dem Fusse eines vertikalen Messingstativs verbunden; ein anderer eben so langer Stahldraht war 10 *mm* von dem Angriffspunkte des ersten an der Glasstange befestigt und an einem 20 *mm* langen Vorsprung oben am Stativ angebracht, sodass beide Befestigungspunkte annähernd in derselben Vertikalen lagen. Fussschrauben am Stativ erlaubten die Neigung desselben beliebig zu ändern.

Um die Grösse der Ablenkung des Pendels zu messen, wandte er die Spiegelablesung mit Skale und Fernrohr an, wobei Spiegel und Skale 250 *cm* von einander entfernt waren. Das Horizontalpendel war in dem 12 Fuss tiefen Keller des Universitätsgebäudes, der eine sehr konstante Temperatur hatte, aufgestellt und durch geeignete Umhüllungen gegen Luftströmungen und strahlende Wärme geschützt. Seine Empfindlichkeit war sehr gross, denn nach seinen Angaben konnte Zöllner noch eine Neigungsänderung des Pendels von 0,00035 Bogensekunden schätzen; die Füllung eines im 2. Stock gelegenen Auditoriums bewirkte einen Ausschlag von 20 Skalentheilen, der sofort wieder auf Null herabging, wenn sich das Auditorium geleert hatte. Wie Zöllner alsbald erkannte, stellte dieses Instrument zugleich ein ausserordentlich empfindliches Seismometer dar, das selbst die schwächsten Erdbebenwellen mit Sicherheit anzeigen musste.

Dieses Horizontalpendel war aber doch mit Mängeln, die besonders durch die Torsion der Stahldrähte hervorgerufen wurden, behaftet und deswegen zu Messungszwecken wenig geeignet.

Zöllner liess sich aber durch die Schwierigkeiten, die sich ihm bei der Konstruktion eines so sensiblen Apparates naturgemäss entgegenstellen mussten, nicht abschrecken, und es gelang ihm denn auch „nach vielen Versuchen und Bemühungen“,

---

[1]) *Compt. rend.* **54.** *S. 728. 1862.*

eine zweckentsprechendere Form des Horizontalpendels zu finden. Er giebt eine Beschreibung desselben in seiner Abhandlung „Ueber den Ursprung des Erdmagnetismus und der magnetischen Beziehungen der Weltkörper“ in den *Berichten der Kgl. Sächs. Gesellsch. d. Wiss. 1871*, die wir hier wiedergeben wollen.

„An Stelle der feinen Drähte, bei denen die bekannten Aenderungen der Gleichgewichtslage störend einwirkten, waren feine Uhrfedern *aa'* (Fig. 2) angewandt, welche durch das 6 Pfund schwere Bleigewicht *A* mit dem vorn befindlichen Spiegel *C* in Spannung gehalten wurden. Die Ausführung des Apparates in möglichst grossen Dimensionen und schweren Massen zog ich deshalb vor, weil hierdurch sowohl plötzlich eintretenden Wärmeänderungen als auch namentlich den dadurch erzeugten Bewegungen der umgebenden Luftmassen ein geringerer Einfluss auf die Bewegungen des Pendels gestattet wurde. Das Stativ ist von Eisen und die Füsse des Dreifusses sind möglichst lang, um durch feine Bewegung der Schrauben möglichst kleine Aenderungen in der Lage der Anhängepunkte zur Richtung der Schwerkraft nach Belieben herstellen zu können.

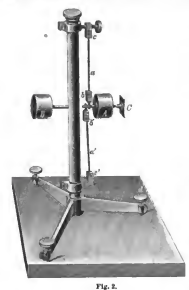


Fig. 2.

Die Schraube *d*, welche möglichst in der durch beide Aufhängepunkte gelegten Vertikalebene stehen muss, gestattet ganz nach Bedürfniss die Empfindlichkeit des Instrumentes zu verändern, indem durch die relative Lage der Punkte *c* und *c'* die Schwingungsdauer des Horizontalpendels bedingt ist. Eine Schwingungsdauer von 30 Sekunden (halbe Periode) konnte mit Leichtigkeit hergestellt werden. *B* ist ein mit *A* korrespondirendes Gegengewicht. Bevor die pendelnde Masse *A* nebst Zubehör in die Ringe eingelegt wurde, welche in kleine, auf der zylindrischen Achse angebrachte Einschnitte eingreifen, wurde dieselbe unter dem direkten Einfluss der Schwere mittels einer im Drehpunkt provisorisch angebrachten Schneide in Schwingungen versetzt. Die Schwingungsdauer betrug sehr nahe 0,250 Sekunden. Man erhält hieraus mit Hülfe einer bekannten Relation das Verhältniss der Direktionsmomente, welche von der Schwere bei horizontaler und vertikaler Lage auf die pendelnde Masse ausgeübt werden“.

Bei der Aufstellung des Instrumentes verfuhr Zöllner mit grosser Sorgfalt und Umsicht. Das Horizontalpendel wurde neben der astrophysikalischen Kuppel im Garten der Leipziger Sternwarte auf einem massiven Sandsteinpfeiler aufgestellt, der ganz mit einem isolirten, innen mit Zinkblech bekleideten Gehäuse mit doppelten Wänden, zwischen denen sich schlechte Wärmeleiter befanden, umgeben war.

Ein hölzerner Kasten umschloss mit ungefähr einem halben Fuss Abstand dieses Gehäuse und schützte dasselbe vor Bestrahlung durch die Sonne. Die Beobachtung geschah vom Innern der Kuppel aus, deren Mauer zu diesem Zwecke durchbrochen war; ebenso war die Umhüllung des Pendelpfeilers an der entsprechenden Stelle mit Oeffnungen versehen, die mit planparallelen Glasplatten verschlossen waren.

Zöllner erwähnt zahlreiche Beobachtungsreihen, welche im Laufe der Jahre 1871 und 1872 angestellt worden seien, theilt aber nur eine vierstündige vom 18. Sept. 1870 mit. Bei dieser Reihe waren der Abstand Skale—Spiegel 3186 *mm*, Schwingungsdauer 14,444 Sekunden, Schwingungsdauer bei vertikaler Aufhängung des Pendels 0,250 Sekunden; es entsprach also eine Aenderung von 1 *mm* der Skale einer Neigungsänderung von 0,0097 Bogensekunden.

In dieser Beobachtungsreihe, die in sich recht gut übereinstimmt, zeigt sich übrigens eine deutliche Wanderung des Nullpunktes von etwa 6^p^,8 = 0,06 Bogensekunden, die auf die Einwirkung äusserer Einflüsse zurückzuführen sein dürfte, und die nicht für die Konstanz seines verbesserten Instrumentes spricht.

Zöllner bemerkt noch, dass man die Empfindlichkeit des Pendels leicht auf das 4 bis 5fache steigern konnte; die Konstanz desselben sei dann aber zu gering gewesen, denn schon ein in der Entfernung von 1,5 Kilometer vorbeifahrender Eisenbahnzug habe durch die von ihm erzeugten Wellenbewegungen periodische Aenderungen in der Gleichgewichtslage hervorgerufen.

Leider hat auch Zöllner kein umfangreicheres Beobachtungsmaterial veröffentlicht und es scheint, als wenn sein Horizontalpendel doch nicht den hochgespannten Erwartungen, die er anfangs hegte, entsprochen habe.

Ganz nach der Zöllner'schen Form stellte Rood[1]) sein Horizontalpendel her. Bei diesem betrug der Abstand der Angriffspunkte der Drähte am Pendel 5 *mm*, die Länge des Pendelstabes 58 *mm* und das Gewicht des Pendels 137 *g*. Zur Aufhängung dienten schmale, sehr dünne Streifen von Kupferblech, die an ihren Enden in feine Messingdrähte ausliefen. Die Höhe der Säule des Pendelstativs war 350 *mm*; sie wurde, um Vibrationen zu verhindern, durch drei Streben gestützt, die durch drei Querleisten versteift waren. Ausserdem brachte er die folgende Dämpfung an. Vor dem Pendelende befand sich ein längliches, mit Olivenöl gefülltes Gefäss, welches durch Trieb höher und tiefer gestellt werden konnte. In dieses tauchte möglichst in der Mitte des Gefässes ein am Pendel befestigter Draht ein, der so weit verkürzt war, dass das Pendel nach ganz wenigen Schwingungen zur Ruhe kam.

Diese Art der Dämpfung erschien Rood wegen der Zähigkeit des Olivenöls später doch bedenklich und er empfahl deswegen eine ähnliche Dämpfung mittels Petroleum und noch später die von Töpler[2]) angegebene Luftdämpfung. Beobachtungen mit diesem Pendel sind von ihm nicht mitgetheilt.

In Japan, dem klassischen Lande der Erdbeben, entstanden einige Jahre nach dem Bekanntwerden der Zöllner'schen Abhandlungen eine Reihe von Konstruktionen von Horizontalpendeln zum Studium der Erdbebenbewegungen, von denen wir die wichtigsten wegen der Art ihrer Pendelaufhängungen hier kurz besprechen wollen[3]). Naturgemäss verlangt man von ihnen nicht entfernt die Genauigkeit als von denen, die zum Nachweis der Richtungsänderungen der Schwerkraft durch die Einwirkung kosmischer Massen konstruirt wurden.

Der erste Versuch, das Horizontalpendel für die Aufzeichnung von Erdbebenbewegungen zu verwenden, wurde von W. S. Chaplin[4]) in Tokio gemacht. Sein

---

[1]) *Americ. Journal of Science* **9.** *1875.*

[2]) *Pogg. Ann. 1873.*

[3]) Eine ausführlichere Beschreibung derselben, sowie mehrerer anderer Seismographen, findet sich in *dieser Zeitschrift* **5.** *S. 217 u. 308. 1895* in dem Aufsatz von Werner „Seismologische Mittheilungen".

[4]) *Trans. of the Seism. Society of Japan* **4.**

Apparat bestand aus einem leicht um eine vertikale Achse drehbaren hölzernen Stab, an dessen einem Ende ein Gewicht befestigt war. Ein am Gewicht angebrachter Stift sollte nun auf einer darunter befindlichen glatten Fläche die Erdbebenbewegungen verzeichnen. Es ist klar, dass dieses Instrument wegen der grossen Reibung, die zwischen Stift und Schreibfläche herrschen musste, nur die gröbsten Erdbebenstösse vermerken konnte, und diese Konstruktion wurde daher bald aufgegeben.

Weit günstigere Resultate erzielte Ewing mit seinem Horizontalpendel-Seismographen[1]). In der ersten Form, auf die wir hier nicht weiter eingehen wollen, schwingt das Pendel zwischen zwei vertikalen Stahlspitzen, in der zweiten geht die Bewegung des Pendels mit wesentlich geringerer Reibung vor sich, wie wir aus der folgenden Beschreibung ersehen werden.



Fig. 3.

Das Pendel besteht aus einem durchbrochenen Stahlrahmen a, welcher ein in Zapfen ruhendes, gusseisernes Gewicht C in Gestalt eines abgestumpften Kegels in der in Fig. 3 angegebenen Weise trägt. Er schwingt auf den Spitzen der Schrauben b und c. Das Achatlager für die Schraube b hat einen V-förmigen Einschnitt und wird von zwei hölzernen Stützen, von denen die eine in der Figur nur angedeutet ist, getragen; Schraube c schwingt auf einem konischen Lager aus gehärtetem Stahl. Die Richtung der oberen Schraube ist horizontal, die der unteren geht durch den Schnittpunkt der Horizontalen durch b und der Vertikalen durch den Schwerpunkt des ganzen Pendels.

Es erinnert diese Art der Anfhängung an die des Stückrath'schen Horizontalpendels, wie wir weiter unten sehen werden.

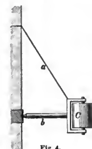


Fig. 4.

Um eine Vergrösserung der Bewegung des Pendels zu erzielen, ist an demselben bei d ein leichtes Rohr befestigt, dessen Gewicht durch die Spiralfeder f zum grössten Theile getragen wird. Der vorn am Rohre sichtbare Schreibstift aus Stahl verzeichnet auf einer durch ein Uhrwerk in Rotation versetzten berussten Glasplatte die Schwankungen des Pendels.

Um beide Komponenten der Erdbebenwellen zu erhalten, sind auf derselben Grundplatte zwei Pendel senkrecht zu einander angeordnet.

Gray[2]) hat eine Modifikation des Horizontalpendels erdacht, die von ihm konisches Pendel genannt wird. Die Art der Aufhängung ist leicht aus Fig. 4 verständlich. Das Gewicht C ruht mit Zapfen in einer Gabel der Stange b, die sich mit ihrer Spitze auf ein Stahllager am Stativ stützt. Vertikal über diesem Stützpunkt ist der Faden a befestigt, der das Gewicht trägt. Es wird also hierdurch die Reibung an einer zweiten Spitze ganz

[1]) *Memoirs of the Science Department No. 9. Tokio 1883.*

[2]) *Phil. Mag. Sept. 1881.*

vermieden. Die Vergrösserung der Bewegung geschieht in derselben Weise, wie bei Ewing's Horizontalpendel-Seismograph.

Es war verhältnissmässig leicht und bald von Erfolg begleitet, das Prinzip des Horizontalpendels für rein seismographische Zwecke nutzbar zu machen, dagegen gelang es erst dem vor Kurzem verstorbenen E. von Rebeur-Paschwitz, ein so vollkommenes Horizontalpendel zu konstruiren, dass es den schwer zu vereinigenden Anforderungen, die minimalsten Aenderungen der Lothrichtung anzuzeigen und trotzdem eine relativ grosse Konstanz zu beweisen, in hohem Maasse genügte. v. Rebeur-Paschwitz hatte sich die Vervollkommnung des Horizontalpendels zur Aufgabe gestellt und widmete sich derselben, obwohl mehrere Jahre schwer leidend, mit grosser Energie und Ausdauer, bis der Tod seinem Streben ein Ziel setzte.

Dank der Anwendung der photographischen Registrirung war es ihm möglich, ohne allzugrosse Ansprüche an den Beobachter längere Zeit hindurch fortgeführte, ununterbrochene Beobachtungsreihen zu gewinnen, so die in Wilhelmshaven vom 7. März bis 25. Sept. 1889, in Potsdam vom 1. April bis 25. Sept. 1889, in Puerto Orotava, Teneriffa vom 26. Dez. 1890 bis 27. April 1891, in Strassburg vom 4. April 1892 bis 4. Sept. 1893, deren Resultate er in zwei Abhandlungen[1]) niederlegte.

Wie G. H. Darwin, so hielt auch v. Rebeur-Paschwitz die Aufhängung des Horizontalpendels an Drähten wegen der Einwirkung der Torsion und des momentanen Spannungszustandes der Drähte für bedenklich. Er versuchte desswegen eine möglichst reibungsfreie Anfhängung auf Spitzen, die, wie er später erfuhr, bei den Seismographen bereits angewandt wurde. Nachdem er mit einem provisorischen Apparat in der technischen Hochschule zu Karlsruhe Vorversuche angestellt hatte, die günstig ausfielen, liess er von Repsold in Hamburg zwei gleiche Horizontalpendel ausführen, zu deren Beschreibung wir jetzt übergehen wollen.

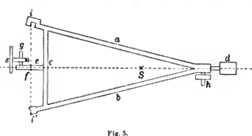


Fig. 5.

Das Pendel (Fig. 5) besteht aus dünnen, in Form eines gleichschenkligen Dreiecks zusammengesetzten Messingröhren *a b c*; *i i'* sind die durch kleine Kugelschalen aus Achat gebildeten Lager, deren Krümmungsradius gleich der Länge ist, um welche die Spitzen, auf denen das Pendel schwingt, aus ihren Trägern hervorragen, nämlich 2,5 *mm*. Die Richtung der Spitzen geht durch den Schwerpunkt des Pendels *S*; ein Ansatz *f* trägt den *i i'* parallelen Stift *g*, an welchem der Ablesespiegel *s* justirbar festgeklemmt ist. Ein kleines Gewicht *h* dient dazu, den Schwerpunkt *S* in die Längsachse des Pendels zu bringen; *d* ist ein kleines, in der Richtung dieser Achse angebrachtes Gewicht. Eine Durchbohrung bei *f* erlaubt mittels einer Hülfsschneide die Schwingungsdauer des vertikal hängenden Pendels zu bestimmen.

Das Gewicht des ganzen Pendels ist 42 *g*, die Entfernung der Mittelpunkte beider Lagerflächen 68 *mm*, und der Schwerpunkt liegt 100 *mm* von der Drehungsachse *i i'* entfernt.

[1]) Das Horizontalpendel, *Kaiserl. Leop.-Carol. Akad. Halle 1892* und *Gerland's Beiträge zur Geophysik* **2.** *1895.*

Um eine photographische Registrirung zu ermöglichen, ist der zylindrische Mantel, welcher die Pendelträger umschliesst, dem Spiegel des Pendels gegenüber durchbrochen und in die Oeffnung eine plankonvexe Linse von ca. 5 *m* Brennweite eingesetzt. Eine Gaslampe, deren dunkler Zylinder eine feine kreisförmige Oeffnung hat, sendet ein Lichtbündel auf den Spiegel, welches direkt und reflektirt die Linse passiren muss und sich dann auf einer mit Bromsilberpapier bezogenen Walze zu einem feinen Punkt vereinigt. Die Walze wird durch ein Uhrwerk um ihre horizontale Achse bewegt und macht in 48 Stunden eine Umdrehung. Der Umfang der Walze ist so bemessen, dass der Lichtpunkt auf ihr in einer Stunde um 11 *mm* fortrückt. Um eine feste Abszisse zu haben, auf die man die Ordinaten der durch die Bewegung

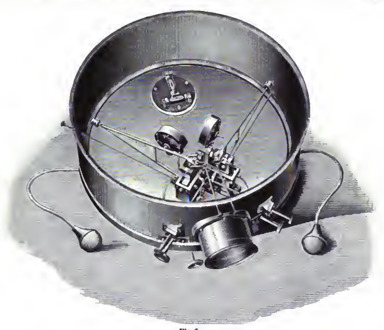


Fig. 6.

des Pendels erzeugten Kurve beziehen kann, ist gleich unter dem Pendelspiegel ein Spiegel an den Trägern befestigt, der ebenfalls durch die Linse Licht empfängt und am Rande der Walze einen zweiten Lichtpunkt erzeugt, der durch das Uhrwerk automatisch auf 5 Minuten zu Anfang jeder Stunde abgeblendet wird, und so eine stündlich unterbrochene gerade Linie auf dem lichtempfindlichen Papier hervorruft.

Es erübrigt nun noch, einige Worte über das Stativ zu sagen. Die Träger der Spitze bestehen in einem soliden, viereckigen Messingrahmen, welcher auf einer schweren, gusseisernen Platte mit erhöhtem zylindrischen Mantel befestigt ist. Die Fussschrauben dieser Platte haben ein sehr feines Gewinde, um möglichst geringe Neigungsänderungen herstellen zu können. Eine gutschliessende Glasglocke schützt das Pendel vor störenden Luftbewegungen.

Wenn auch diese Konstruktion des Horizontalpendels sich allen früheren weit überlegen zeigte, so schienen doch v. Rebeur-Paschwitz gewisse Aenderungen,

welche vorzugsweise Material und Aufhängung des Pendels betrafen, wünschenswerth. Diese sind bei dem Stückrath'schen Horizontalpendel, von welchem Herr Mechaniker Stückrath in Friedenau im Folgenden eine Beschreibung geben wird, berücksichtigt worden.

„Das hier in seiner Einrichtung beschriebene Instrument wurde vor etwa zwei Jahren auf Bestellung des verstorbenen Dozenten an der Halle'schen Universität, Herrn Dr. E. v. Rebenr-Paschwitz, angefertigt und sollte, so viel mir bekannt, benutzt werden für Beobachtung und Registrirung von Erdbeben, welche in entfernten Erdtheilen stattfinden, ferner zur Beobachtung von Bodenbewegungen minimaler Grösse und langsamen Verlaufes, wahrscheinlich auch noch zur Lösung einiger die astronomische Wissenschaft interessirenden Fragen.

Als Grundlage bei der Konstruktion dienten mir Skizzen des älteren, von Repsold gefertigten einfacheren Instruments (Fig. 5), die ich von Herrn v. Rebeur-Paschwitz erhalten hatte.

Die Haupttheile des in Fig. 6 in Totalansicht dargestellten Instrumentes sind ein leichter, als durchbrochenes gleichschenkliges Dreieck aus Aluminium gefertigter Körper, das Pendel ($A\,B\,C$ in Fig. 8) und die beiden am Gestell angebrachten feinen Spitzen S und S', um welche die Drehung des Pendelkörpers stattfindet.

Bedingungen für die Empfindlichkeit und Brauchbarkeit des Instruments sind 1. möglichst feine Spitzen aus möglichst widerstandsfähigem Material, 2. die Erzielung einer, soweit irgend thunlich, reibungsfreien Bewegung des Pendels, 3. die Möglichkeit der feinsten Justirbarkeit der Lage der Spitzen gegen einander bei stabiler Lagerung derselben im Gestell. Als vierter Punkt kommt dann noch in praktischer Hinsicht hinzu, dass dafür Sorge getragen ist, das Anhängen des Pendels auf die Spitzen bewirken zu können, ohne Gefahr zu laufen, die feinen Spitzen durch Gleiten der Pfannen auf denselben zu beschädigen.

Welches Material für die Spitzen zu wählen ist, bleibt noch unentschieden, da leider längere Beobachtungen mit meinem Apparat noch nicht vorliegen. Ich hatte dem Apparat Spitzen von Stahl und von Achat beigegeben. Beide Sorten war es mir gelungen so weit zu schleifen, dass der Krümmungsradius der äussersten Spitzenabrundung nicht mehr als 0,005 *mm* betrug, wobei allerdings der Kegelwinkel bei den Steinspitzen 90° war, während die Stahlspitzen einen weit kleineren Kegelwinkel haben konnten (vgl. d. Fig.). Die kleinen Kugelkalotten am Ende der Spitzen zeigten aber bei 100facher Vergrösserung eine gleichmässige Abrundung sowohl bei Stein wie bei Stahl.



Die erste Frage bei der Konstruktion war jetzt die Lage der Spitzen.

Im Interesse eines möglichst freien Spiels des Pendels auf den Spitzen schien es mir nicht angebracht, die beiden Spitzen so zu stellen, dass die Verlängerungen ihrer Achsen durch den Schwerpunkt des Pendels gehen, wie es bei dem Repsold'schen Apparat der Fall ist. Ich ging von der Betrachtung aus, dass ich mir das Dreieck $A\,B'\,C'$ (Fig. 7) in A um eine horizontale Achse drehbar aufgehängt dachte. Sein Schwerpunkt O' liegt dann selbstverständlich senkrecht unter A. Um dies Dreieck in der gewünschten Lage $A\,B\,C$ zu erhalten, muss bei C ein horizontal gerichteter Gegendruck angreifen. Auf das System wirken nun folgende Kräfte: In O die Schwerkraft in senkrechter Richtung OU, in C der Gegendruck horizontal, dessen Richtung sich mit OU in X schneidet. Soll im System Gleichgewicht herrschen, so muss die Druckrichtung in A durch X gehen. Werden nun die Achse A und der

Punkt C durch Planflächen ersetzt, welche senkrecht zu AX bezw. CX stehen, und stützen sich diese Planflächen auf Spitzen, deren Achsen in AX und CX liegen, so kann das System, ohne Neigung abzurutschen, auf diesen beiden Spitzen schweben, mit der denkbar leichtesten Drehbarkeit um die Verbindungslinie der beiden Spitzen als Achse.

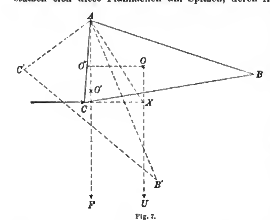


Fig. 7.

Analog einem Waagebalken kann dies System im stabilen, indifferenten und labilen Gleichgewicht sein. Es ist stabil, so lange die Projektion O'' des Schwerpunktes O auf die Verbindungslinie der Spitzen, auf der entgegengesetzten Seite der Vertikalen AF bleibt wie O und labil, wenn O'' auf dieselbe Seite von AF fällt wie O. Die Empfindlichkeit des Instruments wird, ähnlich der Waage, um so grösser, je näher O'' an AF herankommt.

Im Gleichgewicht, also in Ruhe, kann das Pendel nur hängen, wenn die Ebene, welche durch die Punkte A, O und C gegeben ist, zugleich die Richtung der Schwerlinie enthält. Verschiebt man also den Punkt C in der Richtung senkrecht zur Ebene der Zeichnung, so muss nothwendig eine Drehung um die Achse AC eintreten, bis sich die neue Ebene ACO wieder in der Richtung der Schwerlinie befindet. Da das Instrument ausserordentlich empfindlich ist, so kam alles darauf an, die Justirbarkeit der Spitze C so fein und sicher als möglich zu machen.

Dies vorausgeschickt komme ich nun zur Beschreibung des Apparates. Wie aus Fig. 6 ersichtlich, sind im Apparat zwei Pendel aufgehängt, welche bei horizontaler Stellung des Gehäuses nahezu unter rechtem Winkel zu einander stehen, um auch diejenigen Abweichungen zur Erscheinung zu bringen, welche gerade in die Ebene des einen Pendels fallen, von diesem also nicht angezeigt werden können. Es genügt, ein Pendel zu besprechen, da beide vollkommen identisch konstruirt sind.

Eine starke, runde, gusseiserne Platte EE (Fig. 8), welche auf drei kräftigen Fussschrauben ss ruht, dient dem Instrument als Grundplatte und kann durch die Fussschrauben soweit horizontal gestellt werden, als es mittels der in Fig. 6 sichtbaren Röhren-Libellen möglich ist. Auf dieser Platte steht als Umhüllung des Instrumentes ein kupferner Zylinder, der durch eine oben aufgelegte starke Spiegelglasplatte geschlossen wird.

Durch die Grundplatte geht für jedes Pendel ein hahnartiger Konus H (in Fig. 8 sind fast alle Theile nur für ein Pendel sichtbar) derart, dass seine Achse nahezu senkrecht unter der oberen Spitze S liegt, welche das Pendel trägt. Jeder Konus trägt unten ein Schneckenrad R, welches durch eine Schraube ohne Ende sehr langsam gedreht werden kann. Auf der oberen Konusfläche ist das Lager für die untere Spitze S' befestigt. Die Spitze S' geht als Mikrometerschraube durch ihr Lager und kann ebenfalls durch Schraube ohne Ende und Schneckenrad r sehr fein vorwärts bewegt werden. Da es sich für die Feinstellung der Spitze höchstens um 1 Umdrehung der Mikrometerschraube handeln kann, so ist die Bewegung durch Schneckenrad und

Schraube ohne Ende sehr gut möglich, wenn das Rad nicht dem Durchmesser der Schraube entsprechend am Rand ausgedreht ist, sondern seine Zähne der Neigung der Schraube entsprechend schräg auf den Umfang aufgeschnitten sind. Unter einem Mikroskop wird nun die Spitze S' so eingestellt, dass sie etwas, sagen wir 0,5 *mm*,

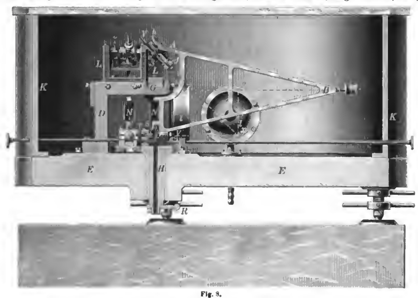


Fig. 8.

ausserhalb der Achse des Konus H steht; sie wird also bei Drehung von H einen Kreis von 0,5 *mm* Radius beschreiben. Nur durch diese Einrichtung ist es möglich, die Pendel, während sie schwingen, in eine bestimmte Gleichgewichtslage zu bringen. Ich komme später darauf zurück. Ueber den beiden Konis H steht ein dreibeiniger

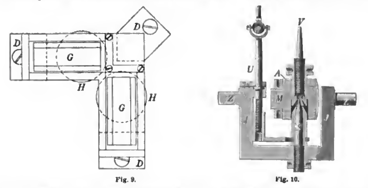


Fig. 9. Fig. 10.

Bock DDD, dessen Grundriss und Stellung zu HH aus Fig. 9 ersichtlich ist. Auf den beiden winklig zu einander stehenden Oberflächen dieses Bockes sind 2 Schlitten G (siehe auch Fig. 8) durch Schrauben verstellbar.

Auf diesen Schlitten sind die Lagerböcke L befestigt, welche ihrerseits die Lager J für die oberen Spitzen S (Fig. 10) tragen. Analog den unteren Spitzen S' gehen die

Spitzen S als Mikrometerschrauben durch die Lager J hindurch, durch Gegenmuttern gesichert. Die Spitzen S werden unter dem Mikroskop so eingestellt, dass sie in die Achse der Zapfen Z des Lagers J fallen. Es tritt dann durch Drehung von J in den Lagerböcken L keine Verschiebnng der Spitzen S im Raum ein.

In den Kopf A des Pendels ist ein Messingzapfen M drehbar eingepasst nnd durch eine Mutter mit demselben verschraubt. Dieser Zapfen ist senkrecht zu seiner Achse durchbohrt und in ihm die Schraube V durch Gegenmutter befestigt. Die Schraube V trägt an ihrem einen Ende einen eingekitteten Achatstift a, der als Pfanne, auf der das Pendel schwingen soll, gut plangeschliffen ist. Der Kopf A ist soweit ausgefräst, dass man M mit V ca. 30° drehen kann, um der Schraube V die richtige Lage Sx (Fig. 8) geben zu können. Die plane Fläche von a soll möglichst genau in die Achse von M fallen. Die untere Hälfte von M ist weiter ausgedreht als das Gewinde V, um Raum für die Arretirung des Pendels zn bekommen. Im unteren Kopf C des Pendels (Fig. 8) ist die Achatpfanne ebenfalls in eine Schraube V' eingesetzt und die Schraube im Kopf C dnrch Gegenmntter gesichert.

Die Arretirung des Pendels geschieht an beiden Spitzen durch Stahlhülsen, welche sich anf den zylindrisch gedrehten Theilen der Spitzen S und S' schieben und, wie aus Fig. 10 leicht ersichtlich ist, dnrch eine Schranbe U nnd eine Mntter bewegt werden, welch letztere mit einem gabelförmigen Arm die Hülse in einer eingedrehten Nuth umfasst. Die Schraube U trägt oben ein Universalgelenk, dessen zweiter Arm in der Fig. 6 über der Beleuchtungslinse aus dem Gehänse heraustritt. Für die nntere Spitze länft der Schlüssel nnter dem Pendel her, parallel mit diesem, nnd ist in Fig. 6 für das linke Pendel sichtbar. Die Arretirungshülsen sind oben konisch abgedreht und passen in je einen Konus, welcher die Achatpfannen umschliesst.

Um die Masse des Pendels bestimmen zn können, trägt dasselbe an den Köpfen A und C noch zwei kleine Stahlspitzen $h\,h'$ (Fig. 8), welche möglichst genau in die Verbindnngslinie der Spitzen $S\,S'$ fallen, und mittels deren das Pendel auf einem besonders beigegebenen Stativ vertikal anfgehängt werden kann, nm die Schwingungsdauer in dieser Lage festzustellen.

Die Einrichtung des Apparats zum Gebrauch geschieht nun in folgender Weise. Mit Hülfe des nach allen Seiten zwischen Schranben beweglichen Schlittens G wird die obere Spitze S möglichst genau senkrecht über die untere S' gebracht. Die Arretirungshülsen werden soweit vorgeschraubt, dass die Spitzen $S\,S'$ in denselben verschwinden, und das Pendel auf die Arretirungshülsen anfgesetzt, welche dann zurückgeschraubt werden, um das Pendel frei zu lassen. Znerst sieht man nach, ob die Mittellinie des Pendels genügend horizontal steht; ein eventueller Fehler wird durch Verschieben der unteren Achatpfanne durch die Schraube V' beseitigt.

Nun wird der Schlitten G so lange verstellt, bis man das Pendel zum Schwingen gebracht hat, wenn auch nur in seinen äussersten Lagen, und bis die gewünschte Empfindlichkeit, entsprechend einer Schwingungsdauer von 25 bis 30 Seknnden, erreicht ist. Völlig wird man durch die Schraubenbewegung des Schlittens G nicht zum Ziele kommen, dazu ist diese Bewegung zu grob.

Die Feinstellung geschieht dann an der unteren Spitze S'. Da, wie früher erwähnt, die Spitze S' in 0,5 *mm* Entfernnng von der Achse des Hahnstücks H bleiben soll, so darf die Bewegung der Spitze in der Richtung ihrer Achse, welche zur Erzielung der grössten Empfindlichkeit noch gebrancht wird, nur nnbedentend sein; die Feinstellung ist aber dadurch, dass die Schranbe dnrch Schnecke und Schneckenrad bethätigt wird, wobei volle 50 Umdrehnngen des Schlüssels erst einer Vorwärts-

bewegung um 1 Schraubengang, gleich 0,25 *mm*, entsprechen, mit aller wünschenswerthen Genauigkeit zu erreichen.

Durch Drehung des Hahnstücks *H* mittels Schnecke und Schneckenrades *R* beschreibt die Spitze, wie schon oben bemerkt, einen kleinen Kreis von 0,5 *mm* Radius, und nahe dem Scheitelpunkt dieses Kreises ist die Seitwärtsbewegung der Spitze so fein und langsam, dass die Gleichgewichtslage des Pendels mit Leichtigkeit zu erzielen ist.

Es ist bei stärkeren Neigungen des Instruments, wenn das eine Pendel stark aus seiner Gleichgewichtslage gekommen ist, nöthig, und zwar hauptsächlich für das andere Pendel, die Schwingungsdauer neu bestimmen zu können, da für das zweite Pendel durch die vorgekommene Neigung der Abstand der Achsenlinie *SS'* von der Vertikalen verändert ist. Um nun die Pendel ohne Berührung des Instruments in kleine Schwingungen versetzen zu können, sind innerhalb des Winkels, den die Pendel mit einander bilden, zwei Luftkammern *l* angebracht, mit Hülfe deren man durch Gummischlauch und kleine Gummibälle einen schwachen Strom der in dem Apparat enthaltenen Luft gegen die Pendel blasen und diese hierdurch leicht in Schwingungen beliebiger Grösse versetzen kann.

Es erübrigt nun noch, die photographisch erfolgende Registrirung zu besprechen.

An jedem Pendel ist, unter 45° gegen die Ebene des Pendels geneigt, ein kleiner Planspiegel *N N'* (Fig. 8 und Fig. 11) so angebracht, dass die spiegelnde Fläche nahe in die Drehachse *SS'* des Pendels fällt. Die Spiegel der beiden Pendel stehen in normaler Lage parallel zu einander. Zwischen ihnen sind zwei rechtwinklige Prismen *PP'* so angebracht, dass sie um eine horizontale und eine vertikale Achse bewegt werden können. Die Einstellung um die horizontale Achse braucht nur einmal gemacht zu werden, die Drehung um die vertikale Achse ist dagegen im Laufe der Beobachtung immer zu korrigiren, sobald die Pendel ihre Gleichgewichtslage über ein bestimmtes Maass hinaus verlassen haben; sie ist deshalb von aussen durch Schnecke und Schneckenrad zu bewerkstelligen. Dicht vor den Prismen, aber tiefer als diese, steht noch ein ebenfalls von aussen um zwei senkrecht zu einander stehende Achsen bewegbarer Planspiegel *N''*.

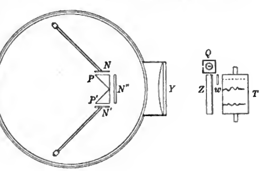


Fig. 11.

Etwa 3 *m* vor dem Apparat ist eine Lampe *Q* (Benzinlämpchen) aufgestellt, welche durch einen feinen Spalt Licht auf den Pendelapparat wirft. Durch eine im Gehäuse des Apparats befindliche Linse *Y* von 3 *m* Brennweite werden die einfallenden Lichtstrahlen, welche durch die Prismen *P P'* und die Planspiegel *N N' N''* reflektirt werden, auf einer Zylinderlinse *Z* zu drei reellen Bildern des Spaltes vereinigt. Hinter der Zylinderlinse *Z* befindet sich in deren Brennweite die mit photographischem Papier bespannte Trommel *T*, welche durch ein Uhrwerk in 24 Stunden einmal umgedreht wird. Auf der Papierfläche der Trommel vereinigen sich die drei Spaltbilder zu Lichtpunkten von genügender Intensität, um auf dem photographischen Papier Kurven

aufzuzeichnen, welche den Pendelschwankungen während 24 Stunden genau entsprechen.

Der Spiegel N'' wird so gestellt, dass er sein Spaltbild an ein Ende der Zylinderlinse wirft, und der hierdurch auf der Trommel entstehende Lichtpunkt wird durch das Uhrwerk allstündlich durch einen herabfallenden Schirm w auf etwa 2 Minuten abgeblendet, sodass am Ende der Trommel, wie bei dem Repsold'schen Apparat, eine photographische Linie entsteht, welche jede Stunde durch eine weisse Stelle unterbrochen wird."

Mikroskope für krystallographische und petrographische Untersuchungen.

Von
R. Fuess in Steglitz.

Jedes für das Studium der Mineralien konstruirte Mikroskop muss, wie bekannt, neben anderen vom gewöhnlichen „Bildmikroskop" abweichenden Einrichtungen auch eine solche besitzen, mittels welcher man während der Beobachtung das Präparat in seiner Ebene zwischen den feststehenden, gekreuzten Nicols zentrisch umdrehen, oder die letzteren gemeinsam und in gegenseitig unveränderlicher Stellung um das feststehende Objekt drehen kann.

Bei der grossen Mehrzahl aller bisher im Gebrauch befindlichen Instrumente ist die zuerst genannte Anordnung getroffen, und es bedingt diese, um bei Anwendung der verschiedensten und besonders der stärkeren Objektivsysteme die zentrale Drehung eines beliebigen Punktes im Objekt zu erreichen, dass die Drehungsachse des Tisches mit der optischen Achse des Systems zusammenfällt. Durch zweckmässige, am Drehtisch oder an der Objektivverschraubung angebrachte Zentrireinrichtungen hat man die erforderlichen Korrektionen auszuführen gewusst. Von maassgebender Stelle aus wurde jedoch des Oefteren die Manipulation des Zentrirens als eine zu zeitraubende und mühsame bezeichnet, und es entstand demgemäss auch der Wunsch nach einer die Zentrireinrichtungen ersetzenden Anordnung.

Unter den mannigfachen Konstruktionen, welche die Unzuträglichkeiten des Zentrirens beseitigen sollten, wurde diejenige von Nachet, bei welcher sich der Tisch mit dem Präparat und das Objektiv gemeinsam um die optische Achse drehen liessen, am bekanntesten. Eine allgemeinere Verbreitung konnten indess die Nachet'schen Mikroskope aus Gründen, auf welche des Näheren hier einzugehen zu weit führen würde, nicht finden.

Zweckdienlicher erwies sich jenes, durch Swift eingeführte Prinzip, nach welchem die Nicols mit dem die Hauptschwingungsrichtungen derselben anzeigenden Fadenokular gleichzeitig um das Objekt rotiren. Die ersten hierfür ersonnenen Vorrichtungen waren nur primitiver Natur; sie bestanden in einer mit den beiden Polarisatoren verkuppelten Gelenkstange, welch' letztere dann auch als Angriff für die Drehung diente. In der vervollkommneten und bis heute beibehaltenen Anordnung wurde die Verbindung und gemeinsame Drehung beider Polarisatoren durch Zahnradübertragung vermittelt.

Wenngleich Mikroskope dieses Typus, welcher, wie erwähnt, gegenüber demjenigen mit Tischdrehung gar manche praktische Vortheile und Annehmlichkeiten

gewährt, in England einige Verbreitung gefunden hatten, so war derselbe doch noch mit Unzuträglichkeiten behaftet, die die allgemeinere Einführung derartiger Instrumente, besonders auf dem Kontinent, gänzlich verhinderten. Die Mängel machten sich lediglich in einer Unvollkommenheit der Zahnradübersetzung geltend und bestanden in dem sogenannten todten Gang der Uebertragungsräder. Ohne Beseitigung dieser Unvollkommenheit standen der praktischen Verwendbarkeit insofern Schwierigkeiten im Wege, als man gezwungen war, bei Messungen einen ganz bestimmten, durch den Zahneingriff der Räder gegebenen Winkelwerth, welcher häufig bis zwei Grad oder mehr betrug, stets reduzirend in Rechnung zu ziehen, wenn ein Wechsel der Drehung vorgenommen wurde.

Bei einem vor etwa zwei Jahren in meiner Werkstätte verfertigten grossen Mikroskope, welches neben allen neueren das Instrument vervollständigenden Einrichtungen auch die Vorrichtung zur gemeinsamen Nicoldrehung erhalten sollte, fand bereits in der Konstruktion derselben die Vermeidung des todten Ganges Berücksichtigung.

Fig. 1 zeigt das erste mit der neuen Zahnradanordnung ausgestattete Instrument (Modell VI) in perspektivischer Ansicht. Einige weitere Vervollständigungen, die demselben erst in letzterer Zeit noch hinzugefügt wurden, sind aus der Abbildung noch nicht ersichtlich. Eine nähere Beschreibung des Instrumentes findet sich dagegen bereits im *Neuen Jahrbuch für Mineralogie, Beilage, 10. S. 180* und in der *Zeitschrift für angew. Mikroskopie, 1. S. 202,* auf welche hierdurch verwiesen sein mag.

Die gleichzeitige Drehung der Nicols unter Verhütung des todten Ganges wurde durch ein System von je zwei mit einander verbundenen und gegen einander federnd gelagerten Zahnrädern erreicht. Die Vorrichtung[1]) zur genauen Einhaltung der Stellung beider Polarisatoren gegen einander, durch die dem Prinzip der gemeinsamen Nicoldrehung erst praktischer Werth verliehen wird, kann am besten unter Benutzung eines Stauroskop-Okulares geprüft werden.

In Anbetracht des durch die Federeinrichtung bewirkten sicheren und zuverlässigen Funktionirens der Zahnradübertragung wurde bald nach der Fertigstellung des ersten, gewissermaassen universal eingerichteten Mikroskopes auch an die Konstruktion von Mikroskopstativen gedacht, welche sich in ähnlicher Abstufung wie meine übrigen Modelle, nur unter Fortlassung des drehbaren Tisches und der darauf bezüglichen Einrichtungen, wie die der Objektivzentrirung und des aus- und einschaltbaren Innennicols, an einander anschliessen.

Auf diese Instrumente bezieht sich die nachfolgende Beschreibung. Zuvor mögen jedoch noch die Vortheile der neuen Anordnung gegenüber der älteren Art des drehbaren Tisches kurz zusammengefasst hervorgehoben werden.

1. Man braucht ein der Beobachtung und Messung zu unterziehendes *Objekt nicht zu zentriren,* was besonders bei stärkeren Objektiven oft Schwierigkeiten bereitet. Ein mit der Kreuzungsstelle der Okularfäden zusammenfallender Punkt verbleibt während der Nicoldrehung unveränderlich an seinem Ort.

2. Die *Messung von Kantenwinkeln* kann in bequemster Weise durch Drehen des mit den Nicols stets rotirenden Fadenkreuz-Okulares geschehen, da ein zur Koinzidenz mit dem Kreuzungspunkt der Fäden eingestellter Scheitelpunkt während der Drehung fest an seinem Ort verbleibt.

3. Bei Erhitzungsversuchen kann der Erhitzungsapparat, welcher gewöhnlich seiner grossen Dimensionen und Zuleitungen wegen eine Drehung mit dem Objekt-

[1]) Dieselbe ist patentrechtlich geschützt.

tische nur in sehr beschränktem Maasse und unter erschwerenden Umständen zulässt, an seinem Orte auf dem festen Tisch des Mikroskopes verbleiben.

4. Für die Untersnchung von Krystallen, welche unter möglichst allseitiger Bewegung in stark brechenden Flüssigkeiten nntersucht werden sollen, kann dies nur in ausgiebigster Weise dnrch Drehen der Nicols an Stelle des Tisches geschehen.

Mikroskop VII.

Dieses Instrument von derselben Form und Grösse, wie das in Fig. 1 abgebildete und bereits a. a. O. beschriebene grösste Modell No. VI unterscheidet sich von letzterem nur dadurch, dass der Objekttisch nicht drehbar ist nnd demgemäss auch, wie erwähnt, Objektivzentrirung und Innennicol fortgelassen sind. Alle sonstigen Einrichtungen wie: *„Aus- und Einschaltung des konvergenten Lichtes“*, *Kreuzschlittentisch mit einer sehr langsamen, mikrometrischen und einer raschen Schlittenbewegung*, *Irisblende über dem Polarisator*, *Objektivzange*, *Irisblende unter der Bertrand-Linse*, *Justirung der Nicols u. s. w.* sind beibehalten.



Fig. 1.

Eine Vereinfachung dieses Modells ist dann noch insofern vorgesehen, als der bewegliche Objekttisch durch eine grosse, viereckige, mit Findertheilung versehene Aufsatzklappe, innerhalb welcher die Ans- und Einschaltvorrichtung des Kondensors funktionirt, ersetzt werden kann. Ebenso können die Justirvorrichtungen an den Nicols fortgelassen werden.

Mikroskop VIIa.

Der hauptsächlichste Unterschied dieses in Fig. 2 abgebildeten Instrumentes besteht gegenüber dem vorigen Modell zunächst darin, dass dasselbe im Allgemeinen etwas kleiner gehalten ist. *Das Scharnier für die Umlegeeinrichtung*, wodurch der Tubus bis zur Horizontallage geneigt werden kann, befindet sich, wie bei meinen grösseren Stativen, gleichfalls *über der Ebene des Objekttisches.* Auch die Zahnradübertragung ist in genau gleicher Weise angeordnet, und es besitzt das untere kleine Zahnrad *r* noch eine grössere geränderte Scheibe, mittels welcher

die Drehnngen der Polarisatoren bewerkstelligt werden. *Die Verlegung der Griffscheibe an das untere Ende der Radübertragung* hat neben der Annehmlichkeit, mit der an den Drehtisch gewöhnten Hand auch die Drehungen der Nicols an derselben Stelle ausführen zu können, noch *den besonderen Vorzug, dass dadurch ein jegliches Schwanken des Tubus während der Operationen völlig ausgeschlossen bleibt.* Würden dagegen die Drehnngen von einem der oberen Zahnräder ans vorgenommen werden, so bliebe ein geringes Schwanken, wenigstens bei den starken Vergrösserungen, wodurch leicht geringe Störungen eintreten könnten, unvermeidlich.

Die Theilscheibe des grösseren, oberen Zahnrades Z_1 besitzt, wie diejenige des vorgenannten Modelles, Gradtheilung und es zeigt der Nonius n unmittelbar 5 Minnten an.

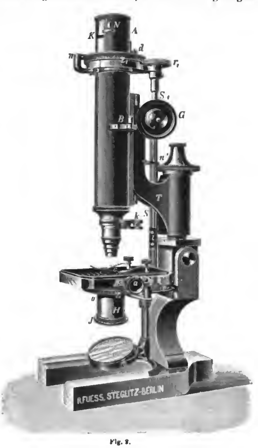


Fig. 2.

Der Aufsatzanalysator A ist für zirkularpolarisirende Bestimmnngen u. dgl. noch selbstständig drehbar und anch abhebbar, seine Drehungen sind an einem in der Figur nicht sichtbaren Zeiger, welcher bei der Einstellung auf den Nullpnnkt der Kreistheilung die gekreuzte Stellnng der Nicols anzeigt, ablesbar. In dieser Lage fallen denn anch die Schwingungsrichtungen der Polarisatoren mit den Richtungen der Kreuzfäden in den Okularen zusammen. Für die gemeinsame Drehung wird der Analysator vermittels des Schräubchens d, welches gegen eine federnde Zunge der Analysatorhülse drückt, mit dem grossen Zahnrad bezw. der Kreisscheibe fest verbunden. Um während der Beobachtungen in der durch den Innennicol gewohnten Weise schnell vom polarisirten zum gewöhnlichen Licht nnd umgekehrt übergehen zu können, ohne dabei auf das unbeqneme Abheben und Wiederaufsetzen des Analysators angewiesen zu sein, ist derselbe gleich dem Innennicol an meinen Instrumenten ausschaltbar eingerichtet. Unmittelbar nnter dem Schieber N für die Ausschaltung des Nicols wird die Hülse unter 45 Grad zum Hauptschnitt von einem Schlitz durchsetzt, welcher von hinten rechts (der Feinstellung zugewendet) bis nach vorn links durchgeführt ist und zum Einschieben von Gyps-, Glimmer- und Quarz-Plättchen oder -Keilen dient.

Ueber die Staubglasfassungen des Analysators kann für stauroskopische Messungen und eventuell auch für die schärfere Betrachtung von Achsenbildern eine Diaphragmascheibe gesetzt werden.

Wie schon gelegentlich einer a. a. O. gegebenen Beschreibung des Modelles VI angedeutet, sind die Diaphragmen der Okulare zentrirbar eingerichtet. Der den Hauptschnitt des Mikroskopes (0—180°) kennzeichnende Faden sämmtlicher Okulare ist durch einen in dem Diaphragma befindlichen Kerb gekennzeichnet, um so während der Beobachtungen etwa entstehende Irrthümer über die Grösse der gemachten Drehung auszuschliessen.

Als geeignetste Okulare sind ihres zulässigen grösseren Augenabstandes wegen die Nummern 1 und 2 zu empfehlen; bei den stärkeren Okularen tritt schon eine merkliche Einschränkung des Sehfeldes ein.

In Verbindung mit der in gleicher Art wie die Innennicols einschaltbaren *Bertrand-Linse B* zeigt das Okular Nr. 2, welches für Messungen der scheinbaren Achsenentfernungen mit einer Mikrometerskale ausgerüstet werden kann, sofort das deutlich vergrösserte Achsenbild.

Der Kopf der Mikrometerschraube für die feinere Tubuseinstellung besitzt eine Hunderttheilung, welche den am Tubusträger zwischen zwei Spitzenschrauben hängenden Nonius n^1 bestreicht und das Fünftel des Intervalles, d. i. 0,001 *mm* abzulesen erlaubt.

Die Aus- und Einschaltung des konvergenten Lichtes wird mit Hülfe des Griffknopfes *a* durch einen linksseitig unter der Tischfläche eingesetzten Schieber *s*, welcher die halbkugelförmige Kondensorlinse *C* trägt, bewirkt. Abweichend von anderen Schaltvorrichtungen ist hier die Einrichtung getroffen worden, dass bei Einschaltung des das konvergente Licht erzeugenden Kondensors derselbe vermittels einer Federeinrichtung sogleich in die für die Beleuchtung des Präparates geeignetste Stelle gebracht wird, sodass die Einstellung des Kondensors durch den Polarisator und ein der Aus- und Einschaltung vorhergehendes Senken des letzteren entbehrlich wird. Beim Zurückziehen des Schiebers, also bei „Ausschaltung des konvergenten Lichtes", wird die federnd eingesetzte Kondensorlinse unter die Tischfläche geschoben. Aus- und Einschaltung ist durch Anschlag markirt. Um den Schieber *s* behufs etwaiger Reinigung der Linse *C* aus seiner Führung herausziehen zu können, ist nur ein geringer vorheriger Druck auf das Knöpfchen *b* erforderlich, welcher bewirkt, dass ein kleiner Riegel, gegen welchen der Anschlag erfolgt, geöffnet wird.

Die mit dem grossen Zahnrade *Z* fest verbundene Einschiebhülse *H* des Polarisators besitzt, da die soeben besprochene neue Aus- und Einschaltung des Kondensors eine Zahn- und Triebbewegung gänzlich entbehrlich macht, drei unter 45 Grad von einander entfernte, mit 0, 45 und 90 bezeichnete Schlitze, in welchen sich der Kopf *o* einer im Polarisatorrohr sitzenden Schraube führt und dem Nicol die genau orientirten Stellungen anweist. Ueber dem Polarisator ist in dessen Rohrfassung eine Beleuchtungslinse von langer Brennweite eingeschraubt, welche nach Ausschaltung der oberen Linse *C* für die Beobachtungen im parallelen bezw. fast parallelen Licht dient.

In das untere Ende der Polarisatorröhre lässt sich, um die Abstufungen in der Beleuchtung auf das feinste reguliren zu können, an Stelle der Staubglasfassung eine mit Hülfe des geränderten Ringes *J* zu drehende Irisblende einschrauben.

Mikroskop VIII.

Als das einfachste und dabei immerhin noch recht vollkommene Instrument entstand die durch Fig. 3 dargestellte Konstruktion. Die Vereinfachung gegenüber dem Modell VIIa bezieht sich lediglich auf die Fortlassung der Umlegeeinrichtung und der feinen Tubuseinstellung. Der Bewegungsmechanismus des Tubus ist aber in Folge des dabei zur Verwendung gelangenden schrägzähnigen Triebes ein so solider,



Fig. 3.

dass er noch bequem den Gebrauch stärkerer Objektive wie Nr. 7 und 9, deren Leistung für fast alle mineralogischen und petrographischen Arbeiten ausreicht, vollauf gestattet. Die Triebbewegung ist so ausgiebig, dass die Anwendung von sehr schwachen Objektiven mit einem Fokalabstand von etwa 50 *mm* noch gut möglich ist. Alle sonstigen Einrichtungen des vorbesprochenen Mikroskopes (Fig. 2) sind durchweg beibehalten.

Ueber neue Normalwiderstände der Firma Siemens & Halske.

Von
Dr. **A. Raps** in Berlin.

Bei der Durcharbeitung der Normalwiderstände von Seiten der Firma Siemens & Halske entstanden die im Folgenden beschriebenen vereinfachten Konstruktionen der durch die Herren Fenssner und Lindeck von der physikalisch-technischen Reichsanstalt so sehr verbesserten Normalwiderstände.

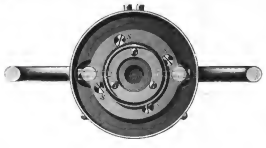




Fig. 1.

Fig. 1 zeigt die Form, welche für Widerstände von 0,1 bis zu 10000 Ohm Verwendung findet. Der leitende Gesichtspunkt war der, eine solche Anbringung der Zuleitungsbügel zu finden, welche bei möglichster Einfachheit das Einsetzen und Herausnehmen der Widerstände gestattet, ohne dass man Löthungen vorzunehmen braucht. Man kann demnach ausschliesslich mit harten Löthungen auskommen, da dieselben ganz ausserhalb des Hartgummideckels vorgenommen werden. Dies ist in folgender Weise erreicht: An die beiden aus glattem Rundkupfer gebogenen Bügel BB' werden die betreffenden Drahtenden der vollständig bewickelten und lange Zeit erwärmten Spule hart angelöthet, entweder unmittelbar oder unter Zuhülfenahme von kleineren Ansatztheilen, welche nachher weich angelöthet werden. Auch wird bei den Normalen von 0,1 Ohm der zum Hauptdraht parallel gelegte Draht an der einen Seite gleich mit verlöthet, während die andere Seite noch frei bleibt. Alsdann wird die obere Deckplatte P_1 über die beiden parallel gehaltenen Bügel BB' gestreift und diese werden dann in die richtige Lage gebogen. Nunmehr kann eine genaue Justirung stattfinden.

Sobald diese erreicht ist, wird die Platte P_2, welche die eigentliche Trägerin der Bügel BB' ist, zwischengeschoben, mit den kräftigen Schrauben S_1S_2 in den halbkreisförmigen Einschnitten sicher befestigt, dann die Platte P_1 bis auf den Bügel-

träger P_2 heruntergedrückt nnd mittels passender Schranben von nnten her verbnnden. Eine über die Platte P_1 bis zn deren Ansatz geschobene, durchlöcherte Messingbüchse schützt den Widerstand vor Beschädigungen.

Auf diese Weise ist nach Plombirung der Schntzbüchse eine mechanische Beschädigung des Widerstandsdrahtes nicht möglich.

Anf der höchsten Stelle der Bügel BB' sind 2 Schrauben nebst einer Fläche angebracht, sodass man dort Znführungsdrähte einklemmen kann, wenn bei weniger genanen Bestimmnngen ein Eintanchen in Qnecksilbernäpfe nicht praktisch erscheint, oder wenn man, um variable Uebergangswiderstände in den Qnecksilbernäpfen, z. B. bei Widerständen von 0,1 Ohm, zu vermeiden, die Stromzuführung in den Näpfen bewirken, den eigentlichen Widerstand aber erst von den Schranben an rechnen will.



Fig. 2 zeigt die dem „kleinen" Modell der Reichsanstalt für 0,01 und 0,001 Ohm entsprechende Konstruktion.

Die Konstruktion der Büchse nebst Znführungen und die Befestigung derselben ist genau ebenso wie diejenige der höheren Widerstände.

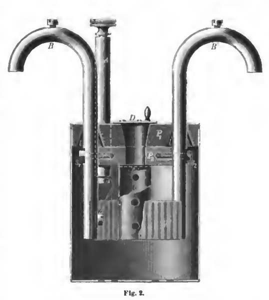


Fig. 2.

Das Manganinblech, welches den Widerstand bildet, kann bei dieser Anordnnng direkt hart an die nnteren Enden der Bügel BB' angelöthet werden. Die beiden Säulen AA', führen die Spannnngsleitnngen an diejenigen Stellen, an welchen das Manganinblech mit den Znführungsbügeln verbnnden ist. Dieselben sind ebenfalls an halbrunde Aussparungen der Bügelträger P_2 angeschraubt, sodass sie nach Lösung der Schranben nach nnten herausgezogen werden können. Daher kann auch hierbei die Löthung der Bleche vom Hartgummi ganz entfernt vorgenommen werden.

Die Abmessnngen der Drähte und Bleche, sowie diejenigen der Büchsen und Bügel entsprechen genau den von der Reichsanstalt angegebenen.

Ueber einen Kurbelwiderstand der Firma Siemens & Halske.

Von
Dr. A. Raps in Berlin.

Für viele Zwecke ist die Anwendung von Kurbelrheostaten viel einfacher und bequemer als diejenige von Stöpselwiderständen, namentlich bei allen Einstellungen von Messinstrumenten und bei allen denjenigen Gelegenheiten, bei welchen eine kontinuirliche Aenderung des Widerstandes erwünscht ist.

Solche Kurbelrheostaten sind aber mit Vorsicht zu gebrauchen, da an denjenigen Stellen, welche auf einander gleiten und eine Reinigung nicht leicht zulassen, sich im Laufe der Zeit eine Schicht von ziemlich erheblichem Uebergangswiderstand bilden kann, welche Fehler verursacht. Man hat deshalb die auf einander schleifenden Theile schon seit längerer Zeit fest miteinander zu verbinden gestrebt.

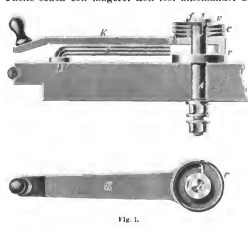


Fig. 1.

Die bei vorliegendem Rheostaten angewandte Verbindung der auf einander reibenden Theile ist in Fig. 1 dargestellt.

Die Kurbel K, welche um den Zapfen A drehbar ist, wird durch die starke Stahlfeder F herunter gedrückt. Es legen sich hierbei die schräg gestellten Kupferfedern S gegen die Knöpfe k an, während an der anderen Seite der Ansatz r auf dem Flansch des Stiftes A die Auflage bildet.

Die dicke Kupferspirale C, welche entweder aus einem Draht oder aus einem auf die hohe Kante gestellten dicken, mehrfach gerollten Kupferblech besteht, ist nun einerseits mit der Kurbel K, andererseits mit dem Stift A fest verbunden, wodurch der Uebergangswiderstand zwischen Kurbel und Zuführungsstift A niemals über einen gewissen Betrag steigen kann. Der Hauptvortheil der Anordnung ist der, dass die Kupferspirale sich willig den Bewegungen der Kurbel anpasst, ohne dass ein Brechen derselben zu befürchten wäre, was bei Schnüren leichter eintreten könnte. Ausserdem sieht man sofort, wenn eine derartige Spirale gebrochen ist.

Die Fig. 2 zeigt die Anordnung des Widerstandes für 4 Abtheilungen in runder Form.

Um die Peripherie des Ebonitdeckels ist, wie aus der Figur deutlich zu ersehen, eine Drahtspirale herumgelegt. Die Spirale ist auf einen dünnen Stab aus Vulkanfiber aufgewickelt, auf welchen man vorher ein Gewinde aufgeschnitten hat. Hierdurch ist eine sehr sichere Lagerung derselben erzielt. Auf dieser Spirale schleift eine Kontaktfeder, welche an einem um den Mittelpunkt der Ebonitscheibe drehbaren Hebel befestigt ist. Der Widerstand der Spirale entspricht demjenigen der kleinsten Abtheilung. Man kann also durch diesen Draht noch Bruchtheile dieser letzten Abtheilung zuschalten, sodass man sehr bequem einstellen kann.

Selbstverständlich kann dieser Schleifkontakt nur zu Einstellungen und angenäherten Messungen dienen; er wird deshalb bei genaueren Messungen ausgeschaltet, indem man den zu messenden Widerstand nicht mit den beiden seitlich angebrachten Knöpfen, sondern mit der mittleren Säule des Apparates und dem linken Knopfe verbindet.

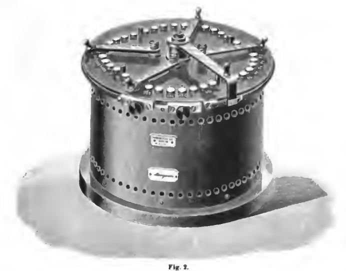


Fig. 2.

Der Apparat wird für zwei verschiedene Messbereiche ausgeführt, für zusammen 100000 bezw. 10000 Ohm; im letzteren Fall ist die Abgleichungsspirale durch einen Draht ersetzt.

Die Apparate werden auch, wenn sie nur als Vorschaltwiderstände dienen sollen, mit nur angenähert justirten Rollen und einfachen Kurbeln ohne Federn angefertigt und dürften für manche Fälle sich als recht brauchbar erweisen.

Referate.

Bestimmung der Aenderung der Schwere mit der Höhe auf dem Grundstücke der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.

Von K. Scheel und H. Diesselhorst. *Wissenschaftl. Abh. der Phys.-Techn. Reichsanstalt* **2.** *S. 185. 1895.*

Für Versuche zur Bestimmung der Aenderung der Schwere mit der Höhe stand in der Reichsanstalt erstens im Observatorium eine vertikale Höhe von etwa 14 *m* zur Verfügung, welche sich in bequemer Weise in Unterabtheilungen zerlegen liess. Ausserdem war zur Zeit der zum Maschinenhause der II. Abtheilung der Reichsanstalt gehörige Schornstein von etwa 30 *m* Höhe im Wesentlichen fertiggestellt und konnte für die Versuche benutzt werden, so lange das äussere Baugerüst noch vorhanden war. Die Aenderung der Schwere mit der Höhe konnte also annähernd an derselben Stelle der Erdoberfläche, aber unter verschiedenen rein örtlichen Umständen auf dem Grundstücke der Anstalt bestimmt werden.

Die Methode der Bestimmung ist der von Hrn. Thiesen im *Bureau international des Poids et Mesures* in *Breteuil* benutzten, über welche in *dieser Zeitschrift* **11.** *S. 66. 1891* berichtet ist, im Wesentlichen gleich.

Auf einer oberen Station war eine Waage aufgestellt, mit deren Schalen ein zweites Paar Waageschalen an der unteren Station durch Drähte fest verbunden war. Durch eine vollständig nach der Gauss'schen Methode durchgeführte Wägung, bei welcher sich ein Gewicht oben, das andere unten befand, ergab sich direkt nach Anbringung der nöthigen Korrektionen die Differenz der beiden Gewichte, vermehrt oder vermindert um den Betrag der Schweredifferenz, welche ein Gewicht erfährt, wenn es in vertikaler Richtung seine Lage um den Höhenunterschied beider Stationen ändert. Die Verbindung zweier solcher, sonst gleichen Beobachtungen, bei welchen nur die Gewichte zwischen oben und unten vertauscht waren, lieferte den Betrag der Schwereänderung und die Differenz der Massen beider Gewichte gesondert.

Zu den Wägungen diente eine Kilogrammwaage von Stückrath, deren Schwingungen direkt an der Zeigerskale mit einer festen Lupe beobachtet wurden.

An ihren Schalen waren mittels umgelegter Klammern an 0,48 *mm* dicken harten Messingdrähten die Schalen der unteren Station angehängt, welche, von einem Schutzkasten eingeschlossen, beim Auf- und Absetzen der Gewichte arretirt werden konnten.

Als Gewichte dienten drei vernickelte Messingzylinder, deren Volumen durch je zwei Wasserwägungen ermittelt wurde. Die Massen der drei Stücke waren ihrem Nominalwerth von 1 *kg* bis auf wenige Milligramm gleich gefunden worden. Die Dichten der drei Stücke ergaben sich einander nahe gleich.

Der benutzte Schornstein wurde zum Zwecke der Versuche mit einem oberen und unteren Boden versehen. Der obere Boden, der etwa 10 *cm* unter der höchsten Stelle des Schornsteins auf einem Absatz im Innern fest auflag, trug die Waage, etwa $^{1}/_{3}$ des Durchmessers vom einen Rande des Schornsteins entfernt. Man hatte diese exzentrische Aufstellung gewählt, weil man so die schädlichen Einflüsse der Luftströmungen im Innern des Schornsteins besser auszuschliessen hoffte. Die Waage war zum Schutze gegen äussere Witterungseinflüsse mit einem Holzgehäuse überdeckt. Der untere Boden war in etwa 2 *m* Höhe über dem Fussboden des Unterbaues, der selbst zugänglich war, angebracht. Die Verbindungsdrähte der Stationen durchsetzten beide Böden; sie hingen im Innern des Schornsteins frei, dagegen waren sie auf dem Wege vom Waagekasten bis zur oberen Bodenplatte, sowie von der unteren Bodenplatte bis in den Kasten der unteren Station von Messingschutzröhren umgeben.

Die bei den Wägungen im Observatorium benutzte Höhe reicht durch vier Stockwerke. Die Waage stand bei allen Versuchen im obersten Stockwerk auf einer an der Wand befestigten Konsole nahe unter der Decke. Die untere Station befand sich bei einer ersten Beobachtungsreihe an der tiefsten Stelle; für eine zweite Reihe wurde sie um etwa die halbe Höhe hinaufgerückt. Die Verbindungsdrähte der Stationen waren bei allen diesen Versuchen im Hause in ihrer ganzen Länge zum Schutze gegen äussere Luftströmungen mit 3 *cm* weiten Zinkröhren umgeben.

Auf die Wägungen selbst kann an dieser Stelle nicht eingegangen werden; es mag nur hervorgehoben werden, dass alle an den direkten Beobachtungen anzubringenden Korrektionen sorgfältig ermittelt wurden, sodass die dem Resultate noch etwa anhaftenden systematischen Fehler jedenfalls auf ein Minimum reduzirt sind.

Beachtet man, dass das Wägungsresultat der zweiten Reihe wegen der Lage der unteren Station um 0,60 *m* unter dem Erdboden noch um 0,102 *mg* zu verbessern ist, so ergeben die drei Beobachtungsreihen, dass die Aenderung der Schwere eines Kilogramms auf dem Grundstücke der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt beträgt für eine Höhe von

1. 29,731 *m* 8,81 *mg* ± 0,14 *mg* (abgeleitet aus 4 Wägungen),
2. 14,055 „ 4,065 „ ± 0,018 „ „ „ 24 „ ,
3. 7,599 „ 2,272 „ ± 0,012 „ „ „ 24 „ .

Hieraus ergiebt sich die Aenderung γ des Gewichts von 1 *kg*, ausgedrückt in *mg* für 1 *m* Höhenunterschied, wenn das Gewicht sich über dem Erdboden befindet, für die drei Reihen

$$\gamma_1 = 0{,}296 \pm 0{,}005,$$
$$\gamma_2 = 0{,}289 \pm 0{,}001,$$
$$\gamma_3 = 0{,}299 \pm 0{,}002.$$

Diese drei Werthe für γ gelten streng genommen nur für diejenigen Stellen, für welche sie gerade bestimmt sind, und müssten, zur Reduktion auf normale Verhältnisse, noch weiter verbessert werden. Doch fallen diese Korrektionsgrössen innerhalb der Grenzen der Unsicherheit der Bestimmungen. Als wahrscheinlichster Werth von γ für das Grundstück der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt ist das Mittel aus den drei Reihen ohne Rücksicht auf deren Gewicht

$$\gamma = 0{,}295$$

angenommen worden. *Schl.*

Ueber einige Schmelz- und Siedepunkte.

Von H. Le Chatelier. *Compt. rend.* **121.** *S. 323. 1895.*

Der Verf. bestimmte mittels Thermoketten, welche durch die bekannten Siedepunkte von Wasser, Naphtalin, Schwefel, Selen, Quecksilber, Kadmium und Zink geaicht waren, die Schmelztemperatur des Goldes und Silbers. Aus den Versuchen geht hervor, dass die Schmelztemperatur des Goldes, wie sie von Violle angegeben ist, nämlich 1045°, wahrscheinlich etwas zu niedrig ist, doch dass der Fehler 20° nicht überschreitet. (Barus fand 1095°, Holborn und Wien 1072°, Callendar 1035°, Heycock und Neville 1062°.) So lange also einwandfreiere Bestimmungen direkt mit dem Luftthermometer noch nicht vorliegen, dürfte man an dem Violle'schen Werthe festzuhalten haben. Der Schmelzpunkt des Silbers liegt 100° bis 105° niedriger als der des Goldes. *Schl.*

Ueber ein Präzisionsinstrument zur Herstellung von monochromatischem Lichte von beliebiger Wellenlänge und dessen Gebrauch bei der Feststellung der optischen Eigenschaften von Krystallen.

Von A. E. Tutton. *Zeitschr. f. Krystallogr. u. Miner.* **24.** *S. 455. 1895.*

Das beschriebene Instrument ist zunächst speziell für Krystalluntersuchungen konstruirt worden, kann aber selbstverständlich auch bei einer grossen Anzahl von anderen Aufgaben mit Vortheil benutzt werden, bei welchen die Anwendung von nahezu monochromatischem und dabei doch ziemlich intensivem Lichte erforderlich ist. Das sehr einfache Prinzip stammt von Abney und ist von dem Verf. für seine speziellen Zwecke modifizirt worden. Bei einem Spektroskop ist das Okular ersetzt durch einen Spalt, der das Licht von gewünschter Wellenlänge, das zur Beleuchtung dienen soll, austreten lässt. Der Dispersionsapparat besteht aus einem einzigen sehr grossen und lichtstarken Prisma aus schwerem Flintglase von Chancer mit einem brechenden Winkel von 60°, das auch die violetten Strahlen noch gut durchlässt. Bei einer Drehung des Prismas um seine Achse treten natürlich die verschiedenen Farben des Spektrums nach einander durch den Spalt. Fügt man nun noch dem Ausgangsspalt gegenüber ein Okular ein, so kann das optische Rohr, welches den Spalt trägt, zeitweise in ein Fernrohr verwandelt werden, mit dem sich Fraunhofer'sche oder Metalllinien beobachten lassen. Die Backen des Ausgangsspaltes wirken dann, wenn sie nahe an einander stehen, ähnlich wie parallele, vertikale Linien, in deren Mitte eine Fraunhofer'sche Linie durch entsprechende Drehung des Prismas eingestellt wird. Eine Theilung des Kreises, welche an der Prismenunterlage angebracht ist, gestattet nun, mit Hülfe eines Nonius die Prismenstellung bis auf Minuten genau abzulesen. Um das Instrument zu aichen, notirt man sich am besten die Ablesungen für die verschiedenen Linien in einer Tabelle und stellt dieselbe dann graphisch in einer Kurve dar. Da Kollimator und Teleskop festge-

klemmt sind, so hat man im Gebrauchsfalle dann nur den Theilkreis auf die entsprechende Theilung einzustellen, für die man die Wellenlänge ermittelt hat, und nach Entfernung des Okulars den Kollimatorspalt mit Strahlen irgend einer beliebigen Lichtquelle zu beleuchten; das aus dem Ausgangsspalt austretende Licht wird dann die gewünschte Wellenlänge haben.

Als Lichtquelle eignet sich am besten eine elektrische Bogenlampe, in zweiter Linie Drummond'sches Kalklicht; bei Anwendung von Auer'schem Gasglühlicht muss der Austrittsspalt schon ziemlich weit geöffnet werden, um genügende Lichtstärke zu erzielen. Das austretende Licht wird durch Vorsetzen einer matten Glasplatte diffus gemacht.

Da die Linsen des Apparates behufs möglichster Lichtstärke einen Durchmesser von 5 *cm* bei kurzer Brennweite besitzen, so würde bei Anwendung des ganzen Eintrittsspaltes eine Krümmung der Fraunhofer'schen Linien auftreten; es ist desshalb vortheilhaft, bei der Aichung des Apparates die Länge des Spaltes durch Diaphragmen von geeignetem Durchmesser zu begrenzen.

Falls man mit zusammengesetztem Lichte von bestimmten Wellenlängen zu arbeiten wünscht, hat man nur den einen Austrittsspalt durch mehrere etwa in Stanniol geschnittene Spalte zu ersetzen. Die Lage der letzteren bestimmt man dadurch, dass man an Stelle des Austrittsspaltes eine mattirte Glasscheibe einführt, auf welcher man die Stellen des Spektrums, die man verwenden will, markirt; diese Stellen sind dann bei der Bedeckung der Glasscheibe mit Stanniol frei zu lassen. *Glch.*

Optische Bank zum Studium des Sehens.

Von Alb. Sandoz. *Journ. de phys. élément.* ***10.*** *S. 1 u. S. 19. 1895.*

Die beschriebene Vorrichtung ist ein bequemes Hülfsmittel für Vorlesungszwecke und zum Selbststudium.

Auf einem 1,80 *m* langen Schlitten gleiten Träger, welche ausser einem künstlichen Auge (bestehend aus Konvexlinse als Krystalllinse und matter Glasscheibe als Retina) und einer geeigneten Beleuchtungslampe, deren stern- oder spaltförmige Oeffnung als leuchtendes Objekt dient, noch eine ganze Anzahl von Konvex-, Konkav- und Zylinder-Linsen in bequemster Anordnung enthalten. Durch Verschieben der Retinaplatte und geeignete Kombination der Linsen lassen sich dann in übersichtlicher Weise nicht nur die Wirksamkeit und Akkommodationsfähigkeit des normalen Auges, sondern auch eine ganze Anzahl von Abnormitäten unserer Augen, wie Kurzsichtigkeit, Weitsichtigkeit, Uebersichtigkeit, die verschiedenen Arten von Astigmatismus u. s. w. veranschaulichen. *Glch.*

Zur Photographie der Lichtstrahlen kleinster Wellenlängen.

Von V. Schumann. *Anz. d. Wiener Akad. S. 28. 1895.*

Im Jahre 1893 hatte Verf. unter dem obigen Titel eine Arbeit veröffentlicht, welche die Beschreibung der Apparate und Methoden enthielt, die er beim Photographiren des ultravioletten Theils des Spektrums angewandt hatte, sowie die mit diesen Methoden erzielten Resultate. Es hatte sich gezeigt, dass die Luft die ultravioletten Strahlen sehr stark absorbirt und in geringerem Maasse auch die Gelatineschicht der gewöhnlichen Emulsionsplatten. Durch Konstruktion eines Vakuum-Spektrographen mit Flussspathprismen und von besonders präparirten, lichtempfindlichen Platten unter Vermeidung von Gelatine war es Schumann gelungen, die Spektren verschiedener Elemente, besonders des Wasserstoffs, im ultravioletten Theil weit über die frühere Grenze hinaus zu photographiren. Nach der vorliegenden Mittheilung sind nun die Apparate und Methoden noch wesentlich verbessert worden, sodass die Photographien in bedeutend kürzerer Zeit hergestellt werden können. Gleichzeitig hat es Verf. nun auch erreicht, die Spektren von Eisen, Kobalt, Aluminium, Zink und Kadmium noch weiter in das Ultraviolette auszudehnen; dieselben stehen dem Spektrum des Wasserstoffs nun fast gar nicht an Länge nach. Eine ausführliche Beschreibung der Verbesserungen und der erzielten Resultate soll bald erfolgen. *W. J.*

Panoramenaufnahmen mit dem photographischen Apparat „Photojumelle".

Von J. Carpentier. *Compt. rend.* ***120.*** *S. 496. 1895.*

Der Akademie wurde eine Anzahl von Glasphotographien vorgelegt, die durch etwa fünffache Vergrösserung von Originalaufnahmen auf Platten von 4,5 × 6 *cm* mit der Wechselkamera „Photojumelle" von J. Vallot, dem Erbauer des ersten Montblanc-Observatoriums, erhalten worden waren. Zur Herstellung der Panoramenaufnahmen erhielt das photographische Stativ oben eine kreisrunde Scheibe mit 12 äquidistanten Kerben am Rande und vertikaler Achsenbohrung zur Aufnahme eines Zapfens, der an der Kamera sitzt und als vertikale Drehungsachse dient. Ein Daumen, ebenfalls mit der Kamera verbunden, hält diese in dem jeweilig benutzten Kerb ohne Weiteres fest. Mit Hülfe einer Dosenlibelle lässt sich die Drehungsachse genügend vertikal stellen.

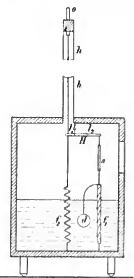
Die Aufnahmen wurden erhalten mit einem Zeiss'schen Anastigmat von 85 *mm* Brennweite unter Abblendung auf $^1/_{40}$ auf farbenempfindlichen Platten von Lumière mit Gelbscheibe; die Belichtungszeiten betrugen 10 und 30 Sekunden, da die Gelbscheibe die Empfindlichkeit auf $^1/_{15}$ herabdrückte. Die Photographien zeigen die Kette des Montblanc vom Brévent (2525 *m*) und von der Aiguillette (ca. 2200 *m*), endlich das Chamounixthal von Blaitière (ca. 1100 *m*) aus. Trotz der immerhin ansehnlichen Vergrösserung auf das Fünffache zeigen die Platten einen bemerkenswerthen Reichthum an Details, was durchaus zu Gunsten des kleinen, nagefähr 500 *g* schweren Apparates spricht und denselben für Bergsteiger empfiehlt.

Sr.

Ueber ein Hitzdraht-Spiegelinstrument.

Von Rob. M. Friese. *Elektrotechn. Zeitschr.* ***16.*** *S. 726. 1895.*

Die Vortheile der nach dem „Hitzdraht-Prinzip" hergestellten elektrischen Messapparate gegenüber elektromagnetischen oder elektrostatischen Instrumenten bestehen in ihrer unmittelbaren Verwendbarkeit sowohl für Gleich- wie für Wechsel-Strom und in der vollständigen Unempfindlichkeit gegen äussere Einflüsse magnetischer oder elektrostatischer Art. Diese Vorzüge veranlassten den Verfasser, die Anwendung des genannten Prinzipes auch bei Laboratoriumsinstrumenten mit Spiegelablesung zu versuchen. Ein Nachtheil der gewöhnlichen Hitzdrahtinstrumente ist ihr erheblicher Energieverbrauch, und die Bemühungen mussten desshalb hauptsächlich auf möglichste Verminderung desselben gerichtet sein.



Bei dem Friese'schen Apparate, ist wie bei dem bekannten Cardew'schen Spannungsmesser, ein gerade ausgespannter Draht verwendet, welcher von dem durchfliessenden elektrischen Strom erwärmt wird und dadurch eine Längenausdehnung erfährt. Die Verwandlung dieser Längenänderung in eine an einem Spiegel zu beobachtende Drehbewegung wird mittels einer „Ayrton'schen" Feder erreicht. Eine solche Feder besteht aus einem spiralförmig gewickelten, an dem einen Ende fest eingespannten Metallband, dessen freies Ende, wenn die Feder ein wenig verlängert wird, eine starke Drehung um die Längsachse ausführt. Die Einrichtung des Apparates ist in der beistehenden Figur schematisch dargestellt. Der Hitzdraht ist zwischen dem Stift *o* und dem Ende des Hebelarmes l_1 des Hebels *H* ausgespannt. Auf *H* wirken ausserdem, einander entgegen, die zwei Federn f_1 und f_2, welche so justirt sind, dass sie bei ungespanntem Hitzdrahte sich das Gleichgewicht halten; die Spannung des Hitzdrahtes

erfolgt mittels des Stellstiftes *o*. Die Feder f_2 ist aus gewöhnlichem Runddraht gefertigt; f_1 ist die bereits erwähnte Ayrton'sche Feder. Mit dem oberen Ende der letzteren ist der Spiegel *s* starr verbunden, während die weitere Verbindung mit dem Hebelarme l_2 beweglich sein muss. Das untere Ende von f_1 ist am Gehäuse befestigt.

Die Wirkungsweise des Instrumentes ist leicht ersichtlich. Der gespannte Hitzdraht verlängert sich infolge der bei Stromdurchgang eintretenden Erwärmung, und zwar kann bei dem kleinen Betrag der erzeugten Wärmemenge die Verlängerung der Wärmemenge mit grosser Annäherung proportional gesetzt werden. Die Feder f_2 überträgt mittels des Hebels *H* die Verlängerung auf die Feder f_1. Die Eigenschaften dieser bewirken mit der Längsänderung gleichzeitig eine Drehung ihres mit dem Spiegel verbundenen Endes.

Die Uebertragung der Bewegung mittels Hebels auf die Ayrton'sche Feder bietet ausser der Vergrösserung der Bewegung im Verhältniss der Hebelarme noch den weiteren Vortheil, die Ayrton'sche Feder in dem für die Drehbewegung empfindlichsten Spannungszustande verwenden zu können, ohne den Hitzdraht selbst erheblich zu belasten.

Die Aufstellung des Instrumentes geschieht in folgender Weise. Fernrohr und Skale werden zunächst auf den Spiegel *s* eingestellt, während der Hitzdraht noch vollständig entspannt ist. Die beiden Federn f_1 und f_2 halten sich alsdann das Gleichgewicht, und zwar werden ihre Spannungen bereits bei der Ausführung des Instrumentes so justirt, dass die Ayrton'sche Feder die maximale Empfindlichkeit besitzt. Alsdann wird mittels des Stellstiftes bei *o* der Draht so lange gespannt, bis etwa im Fernrohr das $1^1/_2$ bis 2fache desjenigen Skalenausschlages abzulesen ist, der bei den anzustellenden Messungen als grösster Ausschlag noch beobachtet werden soll.

Zur Erreichung möglichst aperiodischer Einstellungen des Spiegels ist das Gefäss, in welchem sich das Uebertragungssystem befindet, mit Paraffinöl angefüllt. Eine an dem sich drehenden Ende der Ayrton'schen Feder befestigte Scheibe dämpft die Schwingungen der Ausschläge.

In den vom Verfasser angegebenen Versuchsreihen betragen die Stromstärken im Hitzdraht 0,00747 Ampère für 1,1 *cm* Ausschlag bis 0,02730 Ampère für 14,5 *cm* Ausschlag an der Skale. Die Entfernung zwischen Spiegel und Skale ist aus der Beschreibung nicht ersichtlich. Der Widerstand des Hitzdrahtes war bei dem Instrumente 98,6 Ohm.

Ueber das Material der Drahtes, sowie über den erreichten Grad der Kompensation bei Schwankungen der äusseren Temperatur fehlen die Angaben. Das patentirte Instrument wird von Edelmann in München gebaut. *Schn.*

Absolutes Elektrometer für hohe Potentiale.

Von H. Abraham und J. Lemoine. *Compt. rend.* **120.** *S. 726. 1895.*

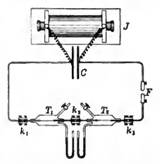
Das von den Verf. angegebene absolute Elektrometer gründet sich auf das Prinzip des bekannten Thomson'schen Instruments. Die bewegliche, aus Aluminium gefertigte Scheibe (6 *cm* Durchmesser), welche innerhalb eines Schutzringes von 11 *cm* Durchmesser vermittels feiner Schnüre zentrirt ist, hängt an der einen Seite eines kurzen Waagebalkens (6 *cm* Länge) und wird durch ein Gegengewicht ausbalanzirt. Unter der beweglichen Scheibe ist eine gut isolirte Platte angebracht, welche auf das zu messende Potential geladen wird. Die Waage giebt Milligramme und der Apparat gestattet bei dieser Empfindlichkeit die Spannung auf $^1/_{1000}$ genau zu messen. *W. J.*

Ein Apparat zur Demonstration der Wärmeentwicklung in Drähten durch elektrische Schwingungen.

Von J. Klemenčič. *Wied. Ann.* **54.** *S. 755. 1895.*

Bei der Fortleitung elektrischer Schwingungen in Drähten ist die Vertheilung der Strömung über den Leitungsquerschnitt eine andere als bei konstanten Strömen. Je schneller die Schwingungen erfolgen, desto dünner ist die Schicht an der Oberfläche des Drahtes, auf

die der Strom beschränkt bleibt; die Dicke dieser Schicht hängt von der Beschaffenheit des Materials, besonders von der Magnetisirbarkeit desselben ab. Dadurch wird das Verhältniss der spezifischen Widerstände von Drähten für elektrische Schwingungen ein anderes als für konstante Ströme, und es lässt sich diese Veränderung mit Hülfe der in den Drähten auftretenden Wärmeentwicklung nachweisen. Verf. hat zur Demonstration dieser Thatsache den hier abgebildeten Apparat angegeben. Derselbe besteht im Wesentlichen aus zwei Luftthermometern T_1 und T_2, in welchen die beiden zu untersuchenden Drähte ausgespannt werden; zur Messung der Wärmeentwicklung in den Drähten sind dieselben mit Manometern versehen. Das die elektrischen Schwingungen erzeugende Induktorium J ist mit einem Kondensator C verbunden, von dem aus Drähte zu den Luftthermometern führen; bei F ist eine Funkenstrecke eingeschaltet. Die ganze Vorrichtung, mit Ausnahme des Induktoriums ist auf einem Brett montirt, sodass der Apparat stets zur Demonstration fertig ist. Man kann nun entweder die elektrischen Schwingungen durch die hintereinander verbundenen Luftthermometer leiten oder an den Klemmen k_1 und k_3 einen konstanten Strom zuführen. Das Verhältniss der Steighöhen in beiden Manometern wird dann für die beiden Fälle verschieden sein; die Erscheinung tritt besonders auffallend auf, wenn man einen Eisendraht mit einem Neusilber- oder Platin-Iridium-Draht kombinirt. *W. J.*



Ein neuer Apparat für Molekulargewichtsbestimmungen nach der Siedepunktsmethode.

Von W. R. Orndorff und F. K. Cameron *Z. f. phys. Chem.* **17.** *S. 637. 1895.*

Die Molekulargewichtsbestimmung von Substanzen nach der Siedepunktsmethode hat vor derjenigen nach der Gefrierpunktsmethode manchen Vortheil; dennoch wurde sie bisher nur selten angewendet, weil bei der Länge der Zeit, welche die Operation erfordert, durch barometrische Schwankungen leicht Fehler auftreten. Orndorff und Cameron haben es nun unternommen, einen Apparat zu konstruiren, der leicht und bequem herzustellen ist, und bei dem das Arbeiten schnell geschehen kann.

Sie verwenden als Siedekolben ein Gefäss von 30 *cm* Länge und 4 *cm* Durchmesser mit dünnen Wänden und engem Kolben; in demselben befinden sich zur Erzielung eines regelmässigen Siedens 30 bis 40 *g* Platinkügelchen. Der Kondensator, eine Röhre von 13 *mm* Durchmesser (bei leichtsiedenden Lösungsmitteln mit Kühler versehen), ist unten schräg abgeschnitten, sodass das zurücklaufende Lösungsmittel vom Thermometer abgeleitet wird. Das Thermometer ist ein Beckmann'sches Differenzialinstrument mit nicht zu feiner Kapillare. Thermometer und Kondensator sind durch einen Gummi- oder Korkstopfen in richtiger Lage gehalten; ein kleiner elektrischer Hammer schlägt unaufhörlich auf den Knopf am oberen Theile des Thermometers und macht dasselbe ausserordentlich empfindlich.

Die Kugel des Kolbens umgiebt noch ein Mantel, am besten aus Asbeststoff. Der Hals des Siedekolbens wird mit einem Streifen feiner Kupfergaze von etwa 4 *cm* Breite umwickelt und an einem eisernen Ständer befestigt, hierdurch wird die Wärme aus den Wänden gut abgeleitet, und es wird bei höher siedenden Flüssigkeiten nur sehr wenig oberhalb des Streifens verdichtet.

Das Sieden soll sehr schnell und heftig vor sich gehen und etwa 1 Stunde durchgeführt werden, damit konstante Ablesungen am Thermometer erhalten werden können. Ist dies einmal erreicht, so können gewöhnlich schon 2 bis 3 Minuten nach Einführung des Stoffes gute Beobachtungen gemacht werden. Der Stoff, dessen Molekulargewicht bestimmt werden soll, wird in Form von Pastillen eingeführt; die Thermometerablesungen werden mit einem Fernrohr vorgenommen. *Fk.*

Neu erschienene Bücher.

Die Bearbeitung des Glases auf dem Blasetische. Ein Handbuch für Studirende, welche sich mit wissenschaftlichen Versuchen beschäftigen. Von D. Djakonow und W. Lermantoff, Laboranten der kaiserlichen Universität St Petersburg. XIII, 154 Seiten mit 30 Abbildungen. Berlin, R. Friedländer & Sohn. 1895. M. 4.

Die Verfasser haben sich der Aufgabe, ein Werkchen zu schaffen, aus dem Studirende die für Glasbläserarbeiten nöthigen Kenntnisse schöpfen können, mit Geschick entledigt. Sie bringen ausser einer Einleitung über den physikalischen Prozess des Glasformens und die Kräfte, welche dabei mitwirken, eine Beschreibung der nöthigen Apparate und des Glasmaterials, dann eine grosse Reihe von Handgriffen mit klaren Abbildungen und endlich einen im Verhältniss zu dem Umfang des Buches allerdings zu ausführlichen Abschnitt über die Herstellung von Thermometern. Das Buch wird vielen, welche sich nicht sonderlich auf die Gasblasekunst verstehen, eine gute Anleitung sein. *Hk.*

Beobachtungen des Tiflisser physikalischen Observatoriums im Jahre 1893. (Russisch u. Deutsch.) gr. 4°. IV, XXXII, 198 S. Tiflis. (St. Petersburg, Eggers & Co.). M. 10.

— der Temperatur des Erdbodens im Tiflisser physikal. Observatorium in den Jahren 1888 u. 1889. (Russisch u. Deutsch.) gr. 8°. XX, 404 S. Ebendaselbst. M. 10.

A. C. Biese, Theorie der Fernrohre mit kontinuirlich variabler Vergrösserung. Lex.-8°. 29 S. m. Fig. Berlin, (Füssinger). M. 2.

T. Tapla, Die Messtisch-Praxis. Leitfaden für eine rationelle Durchführung der wichtigsten Messtisch-Operationen. gr. 8°. IV, 31 S. m. 5 Taf. Wien. F. Deuticke. M. 1,50.

Veröffentlichungen des kgl. preussischen meteorologischen Instituts. Herausgegeben durch dessen Dir. Wilh. v. Bezold. Ergebnisse der Niederschlagsbeobachtungen im Jahre 1893. gr. 4°. LII, 201 S. m. 1 Karte. Berlin, A. Asher & Co. M. 10.

Abhandlungen, wissenschaftliche, der physikalisch-technischen Reichsanstalt. 2. Bd. gr. 4°. V, 541 S. m Fig. Berlin, J. Springer. M. 30.

I. C. Beattie, Ueber die Beziehung zwischen der Widerstandsänderung v. Wismuthplatten im Magnetfeld und dem rotatorischen oder transversen Effekt. (Aus: „Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss.“). Lex.-8°. 18 S. m. 1 Taf. Wien, C. Gerold's Sohn in Komm. M. 0,60.

G. v. Niessl, Untersuchungen über den Einfluss der räumlichen Bewegung des Sonnensystems auf die Vertheilung der nachweisbaren Meteorbahnen. (Aus: „Denkschrift d. k. Akad. d. Wiss.“). Imp.-4°. 30 S. m. 3 Fig. Wien, C. Gerold's Sohn in Komm. M. 2.

R. Wolf, Taschenbuch f. Mathematik, Physik, Geodäsie und Astronomie. Sechste, durch Dir. Prof. A. Wolfer vollendete Auflage. Mit 32 Tab. und vielen Holzschn. 4. u. 5. Lfg. 12°. XI—XXIV u. S. 241—388. Zürich, F. Schulthess. (Komplet geb. in Leinw. M. 7.) Jede Lfg. M. 1,20.

A. Wüllner, Lehrbuch der Experimentalphysik. 2. Bd. Auch unter dem Titel: Die Lehre von der Wärme. 5. Aufl. gr. 8°. XI, 935 S. m. 131 Fig. Leipzig, B. G. Teubner. M. 12.

E. A. Wülfing, Apparate zur optischen Untersuchung der Mineralien und neue optische Bestimmungen am Diamant und Eisenglanz. (Aus: Tschermak's Mittheil., Wien.) gr. 8°. 28 S. m 1 Tafel u. 2 Holzschnitten. 1895. M. 2.

Fearnley und Geelmuyden, Astronomische Beobachtungen und Vergleichung der astronomischen und geodätischen Resultate. gr. 4°. XXVI, 97 S. m. 1 Karte. Christiania 1895.

H. Schulz, Meridian-Beobachtungen auf der Seewarte in Upsala. 4°. 44 S. Upsala. (N. Acta Soc. Scient.) 1893 (erschienen 1895). M. 3.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Redaktionskuratorium:

Geh. Reg.-Rath Prof. Dr. **H. Landolt**, Vorsitzender, Prof. Dr. **A. Westphal**, geschäftsführendes Mitglied,
Prof. Dr. **E. Abbe**, **H. Haensch**, Dr. **H. Krüss**.

Redaktion: Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XVI. Jahrgang. **Februar 1896.** Zweites Heft.

Ueber die Prüfung und Untersuchung von Umdrehungszählern nach Dr. O. Braun.

Von
F. Göpel.
(Mittheilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt, Abth. II.)

Einleitung.

Die Reichsanstalt prüft seit einiger Zeit sogenannte *Gyrometer* nach Dr. O. Braun's Patent, Instrumente zur Angabe der Drehgeschwindigkeit umlaufender Wellen u. dergl., uneigentlich auch Umdrehungszähler[1]) genannt. Die Apparate und Methoden, welche bei der Prüfung Verwendung finden, ebenso die wichtigsten Erfahrungen, welche bisher mit den Instrumenten gemacht wurden, sollen im Folgenden mitgetheilt werden.

Die Konstruktion und Wirkungsweise der Gyrometer, von denen eine der gebräuchlichsten Formen in Fig. 1 a. f. S. abgebildet ist, kann als bekannt vorausgesetzt werden, umsomehr, als in vielen technischen Zeitschriften eingehende Mittheilungen darüber erschienen sind. Die *Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure* enthält im *Jahrg. 1893, Heft 21* einen ausführlichen Aufsatz des nunmehr leider verstorbenen Dr. O. Braun. Seine Instrumente wurden ausserdem der vorletzten (34.) Hauptversammlung des Vereines Deutscher Ingenieure zu Remscheid in einem Vortrage vorgeführt, welcher im *Jahrg. 1894, Heft 16* der oben genannten Vereins-Zeitschrift veröffentlicht ist.

Das Prinzip des hydrostatischen Umdrehungszählers ist nicht neu. Die einzelnen Phasen seiner Entwickelung sind durch die Konstruktionen von E. Brown (*Journal of the Franklin Institute, 1874. S. 298*), von O. Braun (*Dingler's Journ. 252. S. 450. 1884*) und von Th. Teuber (*Dingler's Journ. 259. S. 61. 1886*) gekennzeichnet. Die jetzige Form nach dem Patent Nr. 42603 darf nach den bisherigen Erfahrungen als die vollkommenste gelten.

Vor den sog. Tachometern, Drehgeschwindigkeitsanzeigern, welche auf der Anwendung von Schwungkugeln in Verbindung mit Federn beruhen, haben die Flüssigkeitsgyrometer, abgesehen von dem geringen Raumbedarf und der handlichen Form, wesentliche theoretische Vorzüge. Dennoch giebt die Technik den Tachometern noch vielfach den Vorzug, weil es Zeigerinstrumente sind, deren sichere Ablesung auch einem ganz ungeübten Auge ohne weitere Instruktion möglich ist. Die Angaben

[1]) Eine sinngemässe Uebertragung des Wortes „Gyrometer" in die deutsche Sprache ist nicht gut möglich. Umdrehungszähler im eigentlichen Sinne sind blosse Zählwerke, welche die einzelnen Umläufe der Maschine addiren, während die Gyrometer die im Momente der Ablesung herrschende Tourenzahl pro Minute angeben. Da indessen Missverständnisse kaum zu befürchten sind, werden hier beide Ausdrücke für die Braun'schen Instrumente nebeneinander gebraucht.

solcher Instrumente sind aber manchmal schwankend, weil sie einerseits von der Reibung der beweglichen Theile gegeneinander, also dem Zustande der Schmierung, sowie auch von der Abnutzung abhängig sind, sich also mit der Zeit verändern, andrerseits aber die Elastizität der Federn nicht konstant ist. Dies wird durch den Versuch bestätigt. Ein Tachometer gewöhnlicher Form mit Schwungkugeln und entgegenwirkenden Federn machte *nach längerer Ruhe* 205 Touren, wenn der Zeiger auf 200 stand; nach allmählicher Steigerung der Tourenzahl bis zu 600 T. erfolgte die erneute Einstellung auf Strich 200 schon bei 202 T. der Tachometerachse, obwohl zwischen beiden Messungen nur etwa 30 Minuten verstrichen waren, und nach weiterer Beanspruchung auf 600 T. während der Dauer von 90 Minuten war die Tourenzahl bei der Einstellung 200 auf den Nominalwerth herabgegangen. Diese durch direkte elektrische Zählung ermittelten Tourenzahlen sind auf 0,1 % verbürgt. Der Versuch ergiebt also eine Aenderung der Angaben um — 2,5 %, deren Vorzeichen auf den Einfluss elastischer Nachwirkung deutet. Leider fehlte Zeit und Material, diese Fehlerquelle bei Tachometern weiter zu untersuchen. Solchen Veränderungen unterliegen die Gyrometer nicht. Auch ihre Ablesung ist bald gelernt und dürfte dem Maschinenwärter keine Schwierigkeiten bereiten.

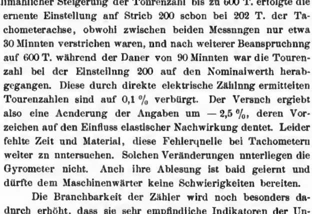


Fig. 1.

Die Brauchbarkeit der Zähler wird noch besonders dadurch erhöht, dass sie sehr empfindliche Indikatoren der Ungleichförmigkeit innerhalb einer Umdrehung sind. Diese Eigenschaft war seit Beginn der Prüfungen Gegenstand eingehender Untersuchungen, deren Resultate einer zweiten Veröffentlichung vorbehalten bleiben.

Die Prüfungseinrichtungen.

Die Prüfung hat zu ermitteln, um wieviel die Gyrometerablesungen von der gleichzeitigen wirklichen Tourenzahl des Instrumentes abweichen. Für die Art und Weise der Fehlerermittelung musste zunächst neben ausreichender Sicherheit und Genauigkeit das Bestreben maassgebend sein, die Prüfungen möglichst schnell vornehmen zu können, um grössere Prüfungsaufträge rasch zu erledigen. Man wählte deshalb für die Fehlerbestimmungen den Weg des Vergleichens mit einem Normalinstrument. Lässt man das Normal gleichzeitig mit einem oder mehreren zu prüfenden Gyrometern um eine und dieselbe Achse rotiren, so ergiebt die Ablesung aller Instrumente die Abweichungen der zu prüfenden vom Normal. Die Einrichtungen hierzu, welche unter Anlehnung an die von Dr. Braun bereits verwendeten nach den Angaben von Dr. Leman in der Reichsanstalt hergestellt wurden, sind folgende (s. Fig. 2). Die zu vergleichenden Instrumente werden in ein mit Schauöffnungen versehenes Metallrohr eingesetzt und durch konisch eingedrehte Hartgummizylinder vom genauen Durchmesser der Rohrweite zentrisch zur Achse befestigt. Beide Enden des Rohres sind mit Messingböden abgeschlossen, welche stählerne Hohlkerner tragen. Der eine Boden ist fest mit dem Rohr verschraubt, der andere durch Bajonnettverschluss verbunden, um die Instrumente rasch auswechseln zu können. Das Rohr wird

zwischen vertikalen Spitzen angetrieben, deren Lager auf einem in die Wand gemauerten Eisenzylinder so angeordnet sind, dass die Spitzenentfernung für Rohre verschiedener Länge, je nach der Anzahl und Grösse der Instrumente, verändert werden kann. Die untere Spitze ist, der beweglichen Drehbankspitze ähnlich, als Achse mit Schnurscheibe ausgebildet und mit einem Mitnehmer versehen, der in die unteren Rohrböden passt. Der Antrieb des Apparates erfolgt mittels Schnurübertragung durch einen Siemens'schen Elektromotor von $^1/_{16}$ P.S., dessen Umdrehungszahl durch Vorschalten von Widerstand in bestimmten Grenzen variirt werden kann. Zwischen Motor und Vergleichsrohr ist noch ein Vorgelege mit Schnurscheiben verschiedenen Durchmessers angebracht, um die Tourenzahl der Spindel auch in weiteren Grenzen verändern zu können.

Sichere Ablesungen setzen die Möglichkeit voraus, das Vergleichsrohr während der Dauer einer Beobachtungsreihe genau auf gleicher Umdrehungsgeschwindigkeit zu halten. Die letztere ist durch Veränderung der Reibungswiderstände in Motor und Apparat und durch Stromschwankungen beständig kleinen Aenderungen unterworfen, welche nach mancherlei Versuchen am Besten auf folgende Weise vermieden wurden. Unmittelbar neben dem Rohr wurde, von diesem selbst angetrieben, ein kleiner elektrischer Regulator aufgestellt, wie er sich an den Edison'schen Phonographen neuerer Konstruktion befindet. Dieser Regulator schaltet in den Motorstromkreis Widerstände ein und aus, je nachdem die Umdrehungszahl der Spindel von der durch die Regulatorstellung festzulegenden Zahl abweicht. Bei gutem Schmierzustand aller Achsen kann man minutenlang ohne Aenderung der Regulatoreinstellung konstante Gyrometerangaben erzielen.

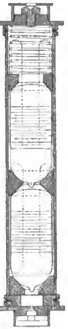


Fig. 2.

Der Gang der Vergleichung ist folgender: Die Regulatorstellung wird geändert, bis das Normalinstrument nahe die zu prüfende Angabe zeigt, alsdann werden alle Gyrometer abgelesen, indem man die Stellungen der einzelnen Paraboloïdscheitel in Zwanzigsteln des Theilungsintervalles abschätzt. Dabei ordnet man die Reihenfolge der Ablesungen in geeigneter Weise symmetrisch zur Mitte an, um den Einfluss von Aenderungen der Spindelgeschwindigkeit zu eliminiren. Die Ablesung der Gyrometer erfolgt mit unbewaffnetem Auge. Dabei giebt man dem Auge zur Vermeidung parallaktischer Ablesefehler eine solche Stellung, dass die dem Paraboloïdscheitel benachbarten Theilstriche als gerade Linien erscheinen. Ein geringes Abweichen des Auges von dieser Stellung giebt den Theilstrichen Ellipsengestalt.

Die Vergleichungen setzen natürlich ein Normal voraus, dessen Fehler auf absolutem Wege genau bestimmt sind. Diese Bestimmungen mussten den relativen Prüfungen vorausgehen. Während Braun seine Fabrikationsnormale unter geeigneter Anwendung einer schreibenden Stimmgabel hergestellt hatte, deren Schwingungszahl genau untersucht war, schlug die Reichsanstalt bei der Untersuchung ihrer Normale den Weg der direkten Zählung der Umdrehungen ein. Die Einrichtungen hierfür, nach Zeichnungen von Dr. Leman hergestellt, sind folgende.

Ein von allen Seiten zugängliches gusseisernes Gestell von etwa 40 *cm* Höhe trägt eine vertikal stehende, laternenartige Spindel, welche, ähnlich dem oben beschriebenen Prüfungsrohr, zur zentrischen Aufnahme der Gyrometer eingerichtet ist

und sich leicht zwischen Spitzen dreht. Zur Erzielung möglichst gleichförmiger Umdrehung hat die Spindel unten ein Schwungrad erhalten. Am oberen Ende ist die einfach und sicher wirkende Zählvorrichtung angebracht, welche schon früher bei der absoluten Zählung der Stimmgabelschwingungen durch das phonische Rad von Dr. Leman verwendet worden ist[1]). Die Einrichtung für den vorliegenden Zweck ist in Fig. 3 abgebildet. Eine der Spindelachse konachsiale Schraube ohne Ende überträgt die Touren auf ein Zahnrad mit 100 Zähnen, mit welchem Unterbrechungsräder verschiedener Zähnezahl gekuppelt werden können, die beim Umlauf eine Kontaktfeder bethätigen. Die Stromschlüsse der Zählvorrichtung erregen den einen Elektromagneten eines Fuess'schen Zweischreiberchronographen und werden hier als feine Punktmarken auf Morsestreifen registrirt, gleichzeitig mit den Sekundenmarken einer astronomischen Pendeluhr, welche den Stromkreis des anderen Elektromagneten einschaltet.

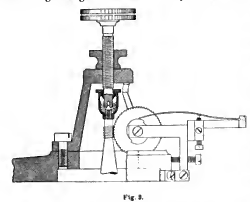


Fig. 3.

Aus der gegenseitigen Lage der Touren- und Sekundenmarken kann die absolute Tourenzahl der Spindel ermittelt werden. Antrieb und Regulirung des Apparates sind dieselben, wie bei der vorher beschriebenen Einrichtung für relative Vergleichungen. Erwähnt mag noch werden, dass bei den ersten Versuchen eine andere Regulirvorrichtung verwendet wurde. Dieselbe bestand aus einem als Bremse wirkenden Faden, welcher eine der freien Schnurenscheiben des Prüfungsapparates zur Hälfte umspannte und vom Beobachter nach Bedarf zur Veränderung der Spindelgeschwindigkeit angezogen wurde. Die Wirkung dieser sehr einfachen Einrichtung war zwar durchaus befriedigend, ihre Anwendung aber immerhin etwas unbequem. Die Ablesung der Gyrometer erfolgt durch ein Fernrohr, dessen horizontale Visur durch Libelle kontrolirbar ist. Damit ist eine parallaxenfreie Einstellung gesichert. Eine absolute Bestimmung hat folgenden Verlauf: Durch Verstellen des Regulators, welcher unmittelbar neben dem Ablesefernrohr aufgestellt ist, wird die Geschwindigkeit des Gyrometers dem zu prüfenden Strich genau angepasst, indem man den Scheitel der Niveaufläche den Strich von oben tangiren lässt. Nachdem man sich von der Konstanz der Einstellung überzeugt hat, wird durch Schliessen eines Handkontaktes der Chronograph in Bewegung gesetzt und die Registrirung erfolgt. Während der Dauer der Zählung wird die Stellung des Paraboloïds beständig kontrolirt.

Verwerthung und Genauigkeit der Beobachtungsresultate.

Bei den *relativen* Vergleichungen unterscheidet sich die Verwerthung der Vergleichsresultate in nichts von anderen relativen Bestimmungen, z. B. Thermometervergleichungen, und darf mithin übergangen werden. Da die Ablesung der Instrumente mit unbewaffnetem Auge erfolgt, so ist die Genauigkeit der Bestimmungen eine beschränkte, jedoch für den praktischen Gebrauch der Gyrometer vollkommen

[1]) Vergl. *diese Zeitschrift* ***10.*** *S. 170. 1890.*

ausreichende. Von Herrn Braun wurde seiner Zeit als wünschenswerthe Genauigkeit ein Prozent der Angabe bezeichnet; dass diese Fehlergrenze der mit Rücksicht auf die Theilung der Gyrometer möglichen Ablesungsgenauigkeit entspricht, geht aus der folgenden Tabelle hervor, in welcher die für die Ablesungsgenauigkeit wichtigen Daten einiger gebräuchlichen Instrumente verschiedener Grösse angegeben sind. Dabei ist angenommen, dass die Scheitelstellung zwischen zwei Strichen auf ein Zehntel-Intervall genau geschätzt werden kann.

Tabelle.

Gyrometer Nr.	Tourenbereich in Touren pro Min.	Intervallgrösse mm	Intervallwerth Touren pro Min.	Ablesungsunsicherheit. Touren pro Min. absolut	Ablesungsunsicherheit in Prozenten
4796	200 bis 800	2,3	25	2,5	1,3 bis 0,3
4790	800 bis 1200	3,0	50	5,0	0,6 bis 0,4
4793	800 bis 1500	1,6	50	5,0	0,6 bis 0,3
4791	1000 bis 3000	1,7	100	10,0	1,0 bis 0,3

Die vom Fabrikanten geforderte Genauigkeit ist bei allen bisherigen Vergleichungen bis zu etwa 400 Touren innegehalten, schneller laufende Gyrometer sind indess stets mit etwa 0,5% Genauigkeit bestimmt worden. Es wurden indessen auch noch Versuche gemacht, den relativen Bestimmungen durch Verwendung von Ablesefernrohren eine erhöhte Genauigkeit zu geben, so z. B. mit einer von Herrn Braun gefertigten Prismenkombination, durch welche man zwei vertikal übereinander stehende Instrumente gleichzeitig ablesen konnte. Eine solche Vorrichtung würde von wesentlichem Vortheil sein, wenn die Rotationsgeschwindigkeit erheblichen Schwankungen unterläge. Da jedoch, wie bereits erwähnt, die Geschwindigkeit minutenlang konstant gehalten werden konnte, so waren die hiermit erzielten Vortheile nur geringe, sodass die ursprüngliche Art der Beobachtung mit unbewaffnetem Auge beibehalten wurde, zumal für Fehlerbestimmungen grösserer Genauigkeit die fast ebenso bequeme, nur mehr Zeitaufwand erfordernde absolute Methode zur Verfügung stand.

Die Auswerthung der bei den *absoluten* Bestimmungen gewonnenen Chronographenangaben fand nach denselben Grundsätzen statt, welche von Dr. Leman in seinen Mittheilungen „Ueber die Normalstimmgabeln der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt und die absolute Zählung ihrer Schwingungen" in *dieser Zeitschrift* ***10.*** *S. 77, 170, 198. 1890* wiedergegeben worden sind.

Die Anordnung, Berechnung und Genauigkeit der absoluten Bestimmungen wird am besten an einem Beispiel aus den Beobachtungsprotokollen ersehen. Die nachfolgend mitgetheilten Zahlen beziehen sich auf ein Gyrometer gewöhnlicher Art (Nr. 84), für Angaben von 2000 bis 6000 Touren, bei welchem die Tourenzahl bei der Einstellung auf 6000 Touren absolut gezählt wurde. Dabei markirte das Unterbrechungsrad des Zählwerkes jede hundertste Umdrehung des Prüfungsapparates. Zur Abkürzung der Berechnung wurde indessen nur die Lage jeder fünften Umdrehungsmarke auf dem Streifen abgelesen. Nach Einsetzung des Näherungswerthes 500 T. = 4,92 Sek. ergab sich nachstehende Ausgleichung nach der Formel

$$ax + by = l.$$

Die Differenzen l, d. i. Beobachtungswerth minus Näherungswerth, sind in hundertstel Sekunden ausgedrückt.

Gyrometer Nr. 84. Strich 6000.

8. März 1894. $t = 18°,9$ C.

a	b	l	Ber.	$\varDelta$ Beob. — Ber.
1	− 60	− 2	− 4,8	+ 2,8
1	− 55	− 6	− 4,2	− 1,8
1	− 50	− 3	− 3,7	+ 0,7
1	− 45	− 3	− 3,2	+ 0,2
1	− 40	− 3	− 2,7	− 0,3
1	− 35	− 3	− 2,2	− 0,8
1	− 30	− 1	− 1,6	+ 0,6
1	− 25	0	− 1,1	+ 1,1
1	− 20	− 1	− 0,6	− 0,4
1	− 15	− 1	− 0,1	− 0,9
1	− 10	+ 3	+ 0,4	+ 2,6
1	− 5	+ 2	+ 1,0	+ 1,0
1	0	0	+ 1,5	− 1,5
1	+ 5	0	+ 2,0	− 2,0
1	+ 10	− 1	+ 2,5	− 3,5
1	+ 15	0	+ 3,0	− 3,0
1	+ 20	+ 3	+ 3,6	− 0,6
1	+ 25	+ 5	+ 4,1	+ 0,9
1	+ 30	+ 6	+ 4,6	+ 1,4
1	+ 35	+ 5	+ 5,1	− 0,1
1	+ 40	+ 7	+ 5,6	+ 1,4
1	+ 45	+ 8	+ 6,2	+ 1,8
1	+ 50	+ 7	+ 6,7	+ 0,3
1	+ 55	+ 6	+ 7,2	− 1,2
1	+ 60	+ 9	+ 7,7	+ 1,3
Σ: 25	0	+ 37		+ 16,1 − 16,1

Daraus ergiebt sich

$$x = +1{,}48,$$
$$y = +0{,}104.$$

Danach ist der mittlere Fehler einer einzelnen Bestimmnng

$$\varepsilon = \pm \sqrt{\frac{61{,}39}{25-2}} = \pm\ 1{,}64 = \pm\ 0{,}0164 \text{ Sek.},$$

der wahrscheinliche Fehler einer einzelnen Bestimmung

$$r = \pm\ 1{,}10 = \pm\ 0{,}011 \text{ Sek.}$$

Der wahrscheinliche Fehler von y ist

$$r_y = \pm \frac{1{,}10}{\sqrt{32\,500}} = \pm\ 0{,}0061 = \pm\ 0{,}000061 \text{ Sek.}$$

Bei der beobachteten Gyrometerangabe 6000 waren

$$100 \text{ Touren} = (0{,}984 + 0{,}00104) \text{ Sek.}$$

Demnach ist die Tourenzahl pro Minnte

$$n = \frac{100 \cdot 60}{0{,}98504} = 6091{,}1 \pm 0{,}35.$$

Dieses Resultat zeigt, dass der absoluten Zählmethode eine sehr hohe innere Genauigkeit eigenthümlich ist, eine Genauigkeit, die unter Umständen auch wissenschaftlichen Ansprüchen genügen kann; die übrigbleibenden Fehler lassen ausserdem eine befriedigende Wirkung des verwendeten elektrischen Regulators erkennen.

Dass die im Beispiel ermittelte Tonrenzahl um fast hundert Touren vom Sollwerth abweicht, ist, wie ausdrücklich bemerkt werden soll, ein ans besonderen Gründen absichtlich herbeigeführter Fehler des Instrumentes. Für die Anwendnng desselben als Vergleichungsnormal bei den relativen Bestimmnngen ist der Fehler ganz gleichgültig. Sein grosser Betrag ist hier sogar von einem gewissen praktischen Vortheil, indem er Tänschungen über das Vorzeichen der ermittelten Fehler ausschliesst. Die zum Verkanf gebrachten **Braun**'schen Gyrometer zeigen nur kleine Fehler, die meist innerhalb der Ungenauigkeit der Ablesnng überhaupt liegen.

Bei der Diskussion des oben gegebenen Beispieles ist jedoch zu beachten, dass diese einmalige Bestimmung nnter denselben änsseren Bedingungen vorgenommen worden ist. Die Wiederholung der Zählnng zeigt aber, dass die Unsicherheit des Ergebnisses, absolnt genommen, durch äussere Einflüsse noch erheblich über die dort gefundene Grenze hinaus vergrössert wird. Daher ist es anch im Allgemeinen nicht nöthig, die einmalige Bestimmung der Tourenzahl jedesmal mit solcher Schärfe wie im obigen Beispiel vorzunehmen. Für diesen Umstand findet sich eine sehr nahe liegende Erklärung. Man lässt bei der Beobachtnng, wie oben beschrieben, den Strich dnrch den Scheitel des Paraboloïdes von oben her berühren. Solche einseitige Einstellungen werden aber erfahrungsgemäss dnrch einen Wechsel in der Auffassung des Berührungsvorganges ziemlich unsicher gemacht. Zndem ist gerade der stark gekrümmte Scheitel der einzustellenden Niveaufläche überans hänfig durch wechselnde Belenchtnng in seinem Aussehen verändert, ein Umstand, der die Einstellungsunsicherheit noch erhöhen muss. Bis zu welchem Betrage die Unsicherheiten dieser Art, die bei der einmaligen Zählung natürlich nicht hervortreten, ansteigen, zeigt das folgende Beispiel. Der Strich 6000 auf dem Gyrometer Nr. 84 ist im Ganzen fünfmal zn verschiedenen Zeiten mit gleichem Gewicht bestimmt worden.

Es ergaben sich nach der rechnerischen Ausgleichnng der Streifenablesungen folgende Umdrehnngszeiten für 100 Touren.

Gyr. Nr. 84. Einstellnng: 6000 Touren pro Min.

Datum der Bestimmung	Umdrehungszeiten für 100 T. in Sekunden
7. März 1894.	0,9839
7. „ „	0,9849
7. „ „	0,9835
7. „ „	0,9842
8. „ „	0,9850.

Als Mittel der fünf nnabhängigen Bestimmungen ergiebt sich 0,9843 Sek. Der wahrscheinliche Fehler einer Bestimmung ist $\pm$ 0,00042 Sek., hat demnach den achtfachen Werth des im obigen Beispiel ermittelten Betrages. In Minnten-Touren ausgedrückt, beträgt diese Unsicherheit aber doch nur $\pm$ 2,6, also 0,04 % der Tourenzahl, eine für technische Zwecke und selbst für den vorliegenden Prüfungszweck immer noch zu grosse Genauigkeit. Dass dieselbe thatsächlich nur anf die angegebenen Ursachen zurückgeführt werden kann, geht darans hervor, dass die äusseren Verhältnisse bei allen hier aufgeführten Messnngen vollkommen gleichartig gehalten worden sind.

Bei dem vorliegenden Gyrometer entspricht in der Nähe des Striches 6000 einer Znnahme der Tourenzahl von 100 T. eine Verschiebnng des Paraboloïdscheitels nm 1,35 *mm*, dem wahrscheinlichen Fehler von $\pm$ 2,6 Touren pro Min. danach eine lineare Einstei-

lungsunsicherheit von ± 0,035 *mm*. Diese Grösse liegt bei dem angewendeten Fernrohre schon an der Grenze der Erkennbarkeit, sie giebt aber gleichzeitig einen Aufschluss über die Unsicherheit in der Auffassung derartiger Berührungsvorgänge. Diese bei der *Einstellung* auf bestimmte Geschwindigkeit auftretende Fehlerquelle der Gyrometer hat im Wesentlichen nur Bedeutung für die hier beschriebenen absoluten Bestimmungen. Einmal ihrer Grösse nach ermittelt, kann sie bei allen Prüfungen von gleichem Gewicht als Maassstab dafür dienen, ob die Abweichungen mehrerer gleichartiger Bestimmungen ihrer Grösse nach aus der Berührungsunsicherheit erklärbar sind.

In der Praxis sowohl als auch bei relativen Prüfungen spielt diese Unsicherheit deshalb keine Rolle, weil dann der Scheitel des Paraboloïdes meist *zwischen* zwei Striche fällt und seine Stellung nach Zehntel-Intervallen geschätzt wird.

Fehlerquellen bei dem praktischen Gebrauch.

Bei dem praktischen Gebrauch der Gyrometer im Maschinenhause und in der Werkstatt wird es nie möglich sein, die äusseren Bedingungen, unter denen das Instrument verwendet wird, auch nur annähernd konstant zu halten, wie bei dem oben angeführten Laboratoriumsversuch. Die Frage, ob und in wieweit die Gyrometer ausser durch die erwähnten Einstellungsunsicherheiten ihre Angaben unter wechselnden *äusseren* Bedingungen ändern können, musste also die Reichsanstalt beschäftigen, nachdem der geeignete Weg zur Prüfung der Gyrometer gefunden war. Es kommt hier namentlich der Einfluss der Temperatur und derjenige einer kleinen Abweichung der Rotationsachse von der Vertikalen in Betracht.

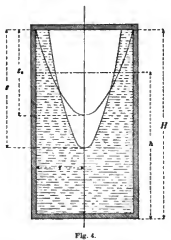


Fig. 4.

Das Prinzip der Braun'schen Umdrehungszähler ist einer bequemen analytischen Behandlung[1]) zugänglich, wenn man annimmt, dass die Glasgefässe oben mit einem planen Deckel, senkrecht zur Achse, verschlossen sind (s. Fig. 4). Bezeichnet h die Höhe der Füllung, $r\omega$ die Umfangsgeschwindigkeit eines Flüssigkeitstheilchens an der inneren Gefässwand, so ist die Höhe s des Paraboloïdscheitels über dem Boden des Gefässes gegeben durch die Beziehung

$$s = h - \frac{(r\,\omega)^2}{4\,g} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

Ihre Anwendung auf die Gyrometer würde eine quadratische Theilung ergeben. Die Gleichung hat indess nur solange Gültigkeit, als der Deckel von der Flüssigkeit noch nicht berührt ist. Tritt die Berührung ein, und bezeichnet H die Höhe des Deckels über dem Boden, so geht die Gleichung über in

$$s' = H - r\,\omega \sqrt{\frac{H-h}{g}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

Vom Augenblick der Berührung zwischen Flüssigkeit und Deckel wächst danach die Theilung im linearen Verhältniss. Da die Theilung der Gyrometer zumeist erst

[1]) Eine Ableitung der nachfolgenden Formeln (1) und (2) befindet sich u. a. in Grashof, *Theoretische Maschinenlehre, Bd. I.*

für Werthe s' aufgebracht ist, soll die letztere Beziehung allein den Ausgangspunkt für weitere Betrachtungen bilden. Setzt man in (2) für s' die Pfeilhöhe z der Rotationsparaboloïdes ein, so erhält man

$$z = r\omega \sqrt{\frac{H-h}{g}} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (3)$$

Unter Berücksichtigung, dass die Tourenzahl pro Minute

$$n = \frac{30}{\pi} \cdot \omega,$$

erhält man

$$n = \frac{30}{\pi} \frac{z}{r} \sqrt{\frac{g}{H-h}} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (4)$$

Aus (4) lässt sich durch logarithmische Differentiation die Veränderung dn bestimmen, welche die Tourenzahl bei Einstellung des Paraboloïdscheitels auf einen Strich im Abstand z von der Decke erfährt, wenn sich die Temperatur des Instrumentes um dt ändert. Da das Verhältniss z/r bei Temperaturänderungen konstant bleibt, so erhält man

$$\frac{1}{n} \frac{dn}{dt} = - \frac{1}{2(H-h)} \left(\frac{dH}{dt} - \frac{dh}{dt} \right) \quad \ldots \ldots \ldots \quad (5)$$

Ist β der lineare Ausdehnungskoëffizient des Glases, $\varkappa$ der kubische der Flüssigkeit, so ist

$$\frac{dH}{dt} = H\beta \quad \text{und} \quad \frac{dh}{dt} = (\varkappa - 2\beta)\,h,$$

demnach

$$\frac{dn}{dt} = n\,\frac{(\varkappa - 2\beta)\,h - \beta H}{2(H-h)} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (6)$$

Die Grösse $2(H-h)$ hat besondere Wichtigkeit. Sie stellt den Grenzwerth z_0 von z dar für den Fall, dass die Flüssigkeit eben den Deckel berührt. Denn dann ist

$$\frac{1}{2}\,\pi r^2 z_0 = \pi r^2 (h - H + z_0)$$

oder

$$z_0 = 2(H-h). \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (7)$$

Nach Einführung von z_0 geht (6) über in

$$\frac{dn}{dt} = n\,\frac{(\varkappa - 3\beta)\,h - \beta\,z_0/2}{z_0} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (8)$$

Hierin kann $\beta \frac{z_0}{2}$ dem ersten Gliede des Zählers gegenüber vernachlässigt werden, sodass

$$\frac{dn}{dt} = n\gamma,$$

wo

$$\gamma = (\varkappa - 3\beta)\frac{h}{z_0} \quad \text{ist.}$$

Eine sehr gebräuchliche Form der Gyrometer hat folgende Abmessungen:

$H = 95$ *mm*,
$h = 80$ „ ,
folglich $z_0 = 30$ „ .

Die Füllung besteht aus konzentrirtem Glyzerin. Für $1^0\,C.$ ist nach Landolt-Börnstein's Tabellen

für Glyzerin: $\varkappa = 0{,}000534$,
für Glas: $3\beta = 0{,}000024$.

Daraus ergiebt sich für die Konstante γ der Werth

$$\gamma = \frac{0{,}00051 \cdot 80}{30} = 0{,}00136.$$

Nimmt man an, dass den angeführten Dimensionen eine Temperatur von t^0 *C.* zu Grunde liegt, so wird einer Temperatursteigerung um 10° *C.* eine Aenderung der Tourenzahl

$$dn = n \cdot 0{,}00136 \cdot 10$$

entsprechen, wenn der Paraboloïdscheitel auf den gleichen Strich wie bei t^0 *C.* eingeteilt wird. Die nachfolgende Tabelle enthält diese Aenderungen für einige Tourenzahlen.

Aenderung der Tourenzahlen
bei 10° *C.* Temperatursteigerung.

n	dn
800	+ 10,9
900	+ 12,2
1000	+ 13,6
1100	+ 15,0
1200	+ 16,3

Wenn die Temperaturänderung von 10° *C.* auch eine sehr beträchtliche ist, so ist sie doch bei der Benutzung der Gyrometer in Maschinenräumen oder Werkstätten nicht ausgeschlossen, sodass diese Aenderungen der Tourenzahlen berücksichtigt werden müssen. Die Beziehung

$$dn = \frac{n\,(\varkappa - 3\,\beta)\,h}{z_0}\,dt$$

ergiebt allerdings, dass man durch Vergrösserung von $z_0 = 2\,(H - h)$ den Temperaturfehler erniedrigen kann. Das wäre aber nur durch Vergrösserung von H möglich. Damit würde jedoch das Instrument unhandlich und der Beginn der linearen Skale so weit hinausgeschoben werden, dass das Gyrometer für das beabsichtigte Tourenbereich überhaupt unbrauchbar ist.

Hält man z. B. 10° *C.* als mögliche Maximalschwankung der Temperatur fest und soll dn bei 1200 T. pro Minute 1 Tour nicht überschreiten, so müsste unter Beibehaltung von $h = 80\ mm$

$$H = \frac{1200 \cdot 0{,}00051 \cdot 10 \cdot 80 + 160}{2} = 324{,}8\ mm$$

werden.

Es darf demnach für vortheilhafter gelten, mit der Konstanten γ, die sich für Gyrometer verschiedener Form leicht berechnen lässt, den Einfluss der Temperatur zu bestimmen.

Die theoretische Ableitung stützt sich allerdings auf eine Idealform der Gyrometer, welcher die wirkliche Form der Instrumente nur nahe kommt. Ihr Hauptunterschied von der Idealform besteht, wie Fig. 1 zeigt, darin, dass der Deckel nicht plan ist, sondern zum Meridianschnitt etwa eine flache Ellipse oder ein Kreisstück hat, sodass infolgedessen die Theilung für die Werthe $z > z_0$ nicht genau linear verläuft. Diese Abweichung findet dadurch Berücksichtigung, dass die Theilung empirisch hergestellt wird. Da es für die Reichsanstalt lediglich von Wichtigkeit war, über die Grössenordnung der Fehler durch Erwärmung Aufschluss zu erhalten, wurde von einer experimentellen Prüfung der Frage abgesehen, zumal das Resultat derselben immer noch keine strenge Verallgemeinerung auf alle Instrumente zugelassen hätte, weil es bei der grossen Neigung des konzentrirten Glyzerins, Wasser aufzunehmen, durchaus nicht feststeht, ob allen Füllungen dieselbe theoretisch angenommene Ausdehnung zukommt. Gelegentliche Beobachtungen an Gyrometern, welche bei verschiedenen Temperaturen stattfanden, haben Aenderungen der oben angegebenen Grösse ergeben. Die Gültigkeit der theoretischen Festsetzungen über den Temperatureinfluss bleibt deshalb für den praktischen Gebrauch noch sicher genug.

Der Inhalt der Braun'schen Gyrometer besteht fast ausschliesslich aus konzentrirtem Glyzerin. Früher wurden allerdings auch Füllungen mit einem Gemisch von Glyzerin mit der gleichen Menge Wasser benutzt. In neuerer Zeit werden solche Füllungen aber nur noch vereinzelt angewendet. Die Füllungen mit wässerigem Glyzerin leiden ausserdem an dem Mangel, dass sich leicht umfangreiche Pilzwucherungen in der Flüssigkeit bilden, welche das Ablesen erschweren. Die Wucherungen finden sich allerdings nur noch bei älteren Instrumenten, deren Inhalt entgegen der jetzigen Fabrikationsweise nicht durch längeres Erhitzen sterilisirt worden ist.

Eine weitere Fehlerquelle kann dadurch entstehen, dass das verwendete Gyrometer nicht genau vertikal steht. Mit Rücksicht auf die leichte Abstellbarkeit der Neigungsfehler braucht dieser Fehlerquelle keine besondere Wichtigkeit beigelegt zu werden. Durch die Anwendung eines Lothes oder durch die Lage des Randes der ruhenden Glyzerinoberfläche relativ zu einer Marke an der Gefässwandung kann man die Vertikalstellung hinreichend genau kontroliren. Hier war eine experimentelle Prüfung des Einflusses der Neigung leicht möglich und damit seine theoretische Untersuchung, welche auf Schwierigkeiten stösst, nicht erforderlich. Auch hier handelt es sich selbstverständlich nur darum, ein ungefähres Urtheil über die Grösse des Fehlers zu gewinnen. Der Einfluss der Neigung wurde deshalb an einem Gyrometer der gebräuchlichsten Form gemessen. Es wurde die Tourenzahl bei der Einstellung auf Strich 800 absolut gezählt bei der Neigung 0°, 2°, 4°. Man erhielt folgende Abweichungen vom Nominalwerth:

Neigung in Graden	dn in Min.-Touren	dn in Prozenten von n
0	0	0
2	— 8	1,0
4	—14	1,8

Demnach muss man der Aufstellung des Gyrometers einige Aufmerksamkeit zuwenden. Im Uebrigen haben sich die Instrumente frei gezeigt von merklichen variabeln Fehlerquellen.

Die Reichsanstalt hat mit einem Braun'schen Gyrometer an einem Gasmotor von nom. 130 Min.-Touren eine längere Reihe Bestimmungen der Tourenzahl vorgenommen, welche gleichzeitig durch eine schreibende Stimmgabel in geeigneter Weise kontrolirt wurden. Die auf beiden Wegen erhaltenen Zahlen stimmten innerhalb einer Minuten-Tour überein. Nach den bisher gemachten Erfahrungen darf es als vortheilhafter gelten, bei langsam laufenden Maschinen die Gyrometer durch eine starke Uebersetzung ins Schnelle mit Schnurübertragung anzutreiben, als sie direkt auf die zu prüfende Achse aufzusetzen. So wurden die eben angeführten Tourenzahlbestimmungen bei einer Uebertragung 7 : 1 auf das Gyrometer gewonnen. Der Vortheil dieser starken Uebertragungen beruht zunächst darin, dass bei schneller laufenden Gyrometern die Theilstriche schärfer präzisirt sind als bei langsam laufenden. Ausserdem ist der Durchmesser der ersteren nothwendig geringer als bei langsam laufenden Gyrometern und damit die Einstellung des Meniskus besser möglich, da das Auge bei grossem Durchmesser des Glases abwechselnd auf Strich und Meniskus akkomodiren muss. Von diesen Gesichtspunkten aus sind namentlich Gyrometer für das Tourenbereich 800 bis 1500 zu empfehlen.

Die aus der oben angeführten Zahlenzusammenstellung ersichtliche Eigenschaft der Gyrometer, dass sich mit wachsender Neigung gegen die Vertikale bei gleicher



Tourenzahl die Grösse z vergrössert, ist von Braun zur Konstruktion liegender Instrumente benutzt worden[1]). Dieselben sind ungefähr 5° gegen die Horizontale geneigt und haben stehenden Gyrometern gegenüber den Vortheil grösserer Skalenlänge bei gleichem Tourenbereich. Da sie erst in einigen Exemplaren in der Reichsanstalt zur Prüfung gelangt sind, ist ein Urtheil über ihre Vorzüge oder Nachtheile vor stehenden Instrumenten noch nicht zu fällen. Mit Rücksicht auf die ziemlich geringe Zahl von Prüfungsanträgen wurde einstweilen von der Herstellung besonderer Einrichtungen für die relative Bestimmung liegender Instrumente abgesehen und von Fall zu Fall die Prüfung ihrer Angaben durch die oben beschriebene absolute Zählmethode vorgenommen.

Kompensirung von Pendeln.

Von

Dr. **W. A. Nippoldt** in Frankfurt a. Main.

Wenn man an einem physischen Pendel, dessen Schwingungsdauer gleich t ist, welcher die Länge l eines mathematischen Pendels entspricht, irgendwo am Pendelstab eine Masse μ in einem Abstand λ von der Schwingungsachse anbringt, die gegen die Hauptmasse m der Pendellinse klein ist, wobei die Richtung abwärts von der Achse positiv, über derselben negativ zu nehmen ist, so ändert sich dadurch die Schwingungsdauer. Liegt μ zwischen der Achse und der Länge l, so wird die Schwingungsdauer kleiner, sie ist, wenn μ in der Achse oder im Abstand l gelegen ist, unverändert gleich t und, wenn μ oberhalb der Achse oder in einem Abstand $> l$ angebracht ist, wird die Dauer der Schwingungen grösser werden.

Bezeichnet man das Verhältniss von μ zur Hauptpendelmasse m mit x und das Verhältniss λ/l mit a, so wird

$$(1) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad t = \pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

sein und andererseits

$$(2) \quad \ldots\ldots\ldots \quad t' = \pi \sqrt{\frac{l}{g}} \sqrt{\frac{1 + a^2 x}{1 + a x}},$$

wo t' die durch Anbringung der Masse μ veränderte Schwingungsdauer bezeichnet, also annäherungsweise

$$(3) \quad \ldots\ldots\ldots \quad \frac{t' - t}{t} = \frac{x}{2}(a^2 - a)\,.$$

Dies ist die Gleichung einer Parabel. Für $a = 1/2$ wird $(t'-t)/t$ zu einem Minimum $= -0{,}25\ x/2$ Man kann diese Gleichung mit Vortheil zur Regulirung der Schwingungsdauer auf ein normales Maass benutzen, indem man die Grösse x für den aus Beobachtungen ermittelten täglichen Uhrgang unter der Annahme $a = 1/2$ berechnet und in der halben Pendellänge am Pendelstab ein Tischchen anbringt, auf welches man die Masse $x \cdot m = \mu$ auflegt. Dies kann geschehen, ohne dass das Pendel in seinem Gang gestört wird, und da in der Pendelmitte der Einfluss von μ ein negatives Maximum ist, so bleiben die geringen, durch Linearausdehnung erzeugten Verschiebungen in vertikaler Richtung ohne Wirkung auf die Grösse von t'. Diese Methode der Regulirung ist bereits von Riefler in München angewandt worden.

[1]) S. die im Eingang erwähnten Quellen.

Der Einfluss von μ im Abstand λ von der Schwingungsachse auf die Schwingungsdauer kann indessen auch benutzt werden, jenen zu kompensiren, der aus den Schwankungen der Luftdichte auf die Dauer der Schwingungen resultirt. Die Dichte der Luft hängt von ihrem Druck und ihrer Temperatur ab; letztere beeinflusst zugleich die Pendellänge, indem sich die Temperatur der Luft allmählich auf die des Pendels überträgt. Da aber die Temperaturen der Luft und der Pendelstangen nur ganz vorübergehend während der täglichen Temperaturschwankungen mit einander übereinstimmen, so kann der von der Temperatur der Luft auf den Uhrgang ausgeübte Einfluss mit Hülfe der linearen Ausdehnungskompensation nur unvollkommen paralysirt werden, wie Foerster thatsächlich nachgewiesen hat.

Durch die nachstehenden Mittheilungen soll gezeigt werden, wie der Einfluss der Luftdichteschwankungen auf den Uhrgang mit Hülfe des zuvor angedeuteten Mittels beseitigt werden kann.

Bessel hat zuerst theoretisch und experimentell nachgewiesen, dass die Vergrösserung der Schwingungsdauer eines Pendels im lufterfüllten Raum gegenüber der im luftleeren nicht nur ihren Grund in der Verminderung der Direktionskraft, sondern zugleich in einer Vermehrung des Trägheitsmomentes hat, welch' letztere aus dem Umstand resultirt, dass die dem Pendel anliegenden Lufttheilchen an den Schwingungen desselben Theil nehmen. Beide Einwirkungen addiren sich und vergrössern die Schwingungsdauer im lufterfüllten Raum in einem Maasse, welches von dem Volumen und der Form des Pendels abhängt. Ebenso wirken aber auch die relativ geringen *Schwankungen* der Luftdichte auf die Schwingungsdauer. Für Quecksilberpendel ändert sich der tägliche Uhrgang für eine Druckschwankung von 10 *mm* Barometerstand ungefähr um 0,15 Sek. Für andere Pendel, z. B. solche, bei denen die Hauptpendelmasse in Form einer Linse angebracht, während die Pendelstange dünn zylindrisch oder, von Holz gefertigt, zweischneidig hergestellt ist, wird dieser Uhrgang wesentlich kleiner ausfallen.

Um nun den Einfluss der Luftdichteschwankungen auf den Uhrgang zu beseitigen, schlage ich das folgende Mittel vor. Am oberen Ende des Pendelstabes werde dicht unter der Aufhängefeder ein vertikaler Rahmen oder Ring von Eisen derartig angebracht, dass er die Aufhängefeder und deren Stütze umschliesst. Oberhalb des Stützpunktes trage der Rahmen eine Aneroïdkapsel, deren elastische Membranen horizontal und deren oberer Deckel mit einer Schale zur Aufnahme von Massen (Gewichten) versehen ist. Der Abstand des Schwerpunktes dieser Massen von der Schwingungsachse ist dann in Uebereinstimmung mit den vorstehenden Erörterungen gleich $-\lambda$ zu setzen. Bei steigendem Luftdruck wird die in der Schale niedergelegte Masse μ um die Grösse $d\lambda$ sinken, bei fallendem Druck wiederum steigen.

Bei einem mittleren Luftdruck sei die Schwingungsdauer t' dem Uhrwerk entsprechend berichtigt; also z. B. bei einem Steigrad mit 30 Zähnen und dem Uebersetzungsverhältniss 60 zum Minutenrade gleich einer Sekunde.

Aus Gleichung (2) würde man durch Differentiation eine andere ableiten können, mit deren Hülfe die Beziehung zwischen dt', $d\lambda$, λ und μ bekannt wird, sodass die letztere Grösse, d. i. die Belastung der Aneroïdkapsel aus den bekannten drei ersteren sich berechnen liesse. Die strenge Rechnung führt dann zu einer Gleichung 3. Grades. Da indessen nicht nur dt' und $d\lambda$ gegenüber t' und λ kleine Grössen sind, sondern auch das Verhältniss λ/l auf den Werth $-$ 0,05 leicht gebracht werden kann, so kann an Stelle der strengen Rechnung eine genäherte treten. Statt der Gleichung (2) setze ich

$$(4) \quad \ldots\ldots\ldots \quad t' = \pi \sqrt{\frac{l}{g}}\left(1 + x\,\frac{a^2 + a}{2}\right),$$

wobei zugleich berücksichtigt ist, dass λ, also auch $\lambda/l = a$, hier negativ wird. Durch Differentiation erhält man

$$(5) \quad \ldots\ldots\ldots \quad dt' = \pi \sqrt{\frac{l}{g}} \cdot \frac{x}{2}\,(2a + 1)\,da$$

und, wenn man mit

$$\pi \sqrt{\frac{l}{g}}\left(1 + x\,\frac{a^2 + a}{2}\right) = t' = 1$$

dividirt, erhält man

$$(6) \quad \ldots\ldots\ldots \quad \frac{dt'}{da} = \frac{\frac{x}{2}\,(2a + 1)}{1 + x\,\frac{a^2 + a}{2}},$$

woraus

$$(7) \quad \ldots\ldots\ldots \quad x = \frac{2\,l\,dt'}{d\lambda\,(2a + 1) - l\,dt'\,(a^2 + a)}$$

folgt.

Die Grösse $d\lambda$ hängt von dem Luftdruck und der Lufttemperatur sowie von der Elastizität der Kapselböden ab. Bei einem mir angenblicklich vorliegenden Aneroïdbarometer nähern sich die beiden Kapselböden um $^1/_6$ *mm*, wenn der Luftdruck um 38 *mm* Quecksilber (= $^1/_{20}$ Atmosphäre) steigt (die Kapsel hat 50 *mm* Durchmesser). Diesen Werth kann man benutzen, um einen ungefähren Werth für x, bezw. die Grössenordnung desselben zu bestimmen. Für die Grösse dt' setze ich einen aus Beobachtungen bekannten Werth, nämlich 0,5 Sek. tägl. Gang für $^1/_{20}$ Atmosphäre Druckschwankung. Es wäre dann zu setzen

$$\begin{aligned} l &= 1000\ mm\ \text{(rund)},\\ dt' &= \frac{1}{172800}\ \text{Sek.},\\ d\lambda &= {}^1/_6\ mm,\\ a &= {}^1/_{20}, \end{aligned}$$

sodass also die Masse μ auf der Kapsel sich um etwa 50 *mm* über der Schwingungsachse des Pendels befindet. Man erhält dann

$$x = 0{,}0632,$$

d. h. für jedes Kilogramm Masse der Pendellinse ist die Aneroïdkapsel mit 63,2 Gramm zu belasten.

Es wird auch hier, ähnlich wie bei der Berechnung der Kompensation für Linearausdehnung aus den direkt beobachteten Ausdehnungskoeffizienten der zu verwendenden Metallstäbe, wegen der allmählichen und ungleichförmigen Aenderungen dieser und der obengenannten Koeffizienten eine Kontrole nach Fertigstellung des Pendels mittelst genauer Zeitbestimmungen und Barometerbeobachtungen nothwendig werden, um alsdann durch Veränderung der Masse μ die erforderliche Korrektion anbringen zu können. Es ist dies um so nothwendiger, als eine vorhergehende Berechnung von x wegen der geringen Kenntniss der Abhängigkeit des Uhrgangs dt' von den Formen des Pendels und des Uhrgehäuses schwierig ist. Auch die verschiedenartige Vertheilung der Massen im Raum, den das physische Pendel einnimmt, macht die Berechnung umständlich. Aber gerade in der leichten Regulirbarkeit dieser Einrichtung liegt ein Hauptvortheil derselben.

Es wird den Aneroïdbarometern keine grosse Genauigkeit zugesprochen. In den meisten Fällen liegt dies wohl an der Unvollkommenheit, mit welcher die ge-

ringen Bewegungen des Deckels durch die Uebersetzungsmechanik vergrössert werden, aber es liegt noch ein anderer Grund vor, welcher diese Apparate fehlerhaft macht. Um jene Deckelexkursionen von der Temperatur unabhängig zu machen, wird die Kapsel luftleer gepumpt, dadurch aber Deckel und Boden durch die ganze Last des Luftdrucks stets einseitig auf Elastizität beansprucht. Die Folge wird sein, dass wegen unvollkommener Elastizität des Metalls Deckel und Boden sich im Laufe der Zeit mehr und mehr nähern. Hierdurch zeigt der Apparat Fehler im positiven Sinn, welche der Zeit proportional wachsen, was eine stete Kontrole und Nachjustirung nothwendig macht. Die unvollkommene Elastizität würde also bei der am Pendel angebrachten Kapsel eine allmähliche Zunahme des täglichen Uhrgangs zur Folge haben, obgleich die angestrebte Kompensation unabhängig von diesem Missstand wie seither unverändert weiter funktioniren würde. Diesem sogenannten zeitlichen Uhrgang kann man zwar durch Auflegen entsprechender kleiner Massen (nach Riefler's Vorgang) auf die in der Pendelmitte anzubringende kleine Schale beseitigen, obgleich dies wegen der Konstanz des zeitlichen Fehlers nur bei starkem Uhrgang nöthig wäre, aber es giebt ein einfaches Mittel, um jenen Mangel der Aneroïdkapsel zu beseitigen.

Man bedenke, dass der vorgeschlagene Zweck der Kapsel, nämlich die Kompensirung des von der schwankenden Luftdichte auf den Uhrgang ausgeübten Einflusses, ein ganz anderer ist, als der bei der Anwendung für barometrische Messungen. Hier sollen nur die *Luftdruck*-Schwankungen, dort die *Luftdichte*-Schwankungen berücksichtigt werden. Die Luftdichte, welche den Uhrgang beeinflusst, hängt nicht nur vom Druck, sondern auch von der Temperatur der Luft ab. Den Einfluss, welchen letztere auf den Uhrgang hat, pflegte man seither mit Hülfe der Kompensation der linearen Ausdehnung zu beseitigen, was indessen, wie bereits zuvor erwähnt, nur unvollkommen gelang. Richtiger wäre es, die Kompensirung der Pendellänge ausschliesslich aus den direkt gemessenen Ausdehnungskoeffizienten zu berechnen und den durch Temperaturschwankungen hervorgerufenen Einfluss der Luftdichte mit dem zu vereinen, welcher aus den Druckschwankungen auf diese resultirt, um beide gemeinsam am Pendel zu kompensiren. Das Mittel hierzu ist ausserordentlich einfach und naheliegend. Man braucht nur das Auspumpen der Luft aus der Kapsel zu unterlassen und trifft damit zwei Fliegen mit einem Schlage. Einmal wird auf diese Weise die ganze Luftdichtenänderung bei der Kompensation berücksichtigt, und das andere Mal wird die besprochene einseitige Inanspruchnahme der elastischen Membranen vermieden.

In dem gleichen Maasse, in welchem eine gewisse Temperaturzunahme die bei dem Pendel mitschwingende Luft verdünnt und die Schwingungsdauer verkürzt, wird in der Kapsel die Spannung der Luft vergrössert: der Deckel entfernt sich vom Boden, die Masse μ wird gehoben und hebt die Verkürzung der Schwingungsdauer wieder auf. Bei *konstanter* Temperatur funktioniren die Exkursionen von Boden und Deckel entsprechend den Aenderungen des Luftdrucks und zwar genauer, als wenn die Kapsel luftleer wäre. Die Sorge, es möchten bei lufterfüllter Kapsel die Deckel im labilen elastischen Gleichgewicht sein, wird durch die Belastung derselben durch die Masse μ hinfällig. Allerdings wird diese Masse die Membranen auch einseitig belasten, aber diese Belastung ist gegenüber der durch den ganzen Luftdruck nur sehr gering. Sie beträgt bei dem zuvor angeführten Beispiel nur 62 Gramm für jedes Kilogramm Pendelmasse, und deren Gewicht vertheilt sich auf beide Membranen, während der Luftdruck auf die 50 *mm* Durchmesser haltende Kapsel auf Boden und Deckel je mit 20 *kg* drückt.

Die experimentelle Ermittelung von $d\lambda/db$, wenn db die Druckänderung der Atmosphäre bezeichnet, bietet keine technischen Schwierigkeiten. Man beobachtet unter einem Rezipienten bei konstanter Temperatur die zu verschiedenen db gehörigen Werthe von $d\lambda$ mittelst Fühlhebels und Spiegelreflexion und stellt eine zweite Beobachtungsreihe an bei konstantem Druck und veränderlicher Temperatur. Eine Temperaturzunahme von 1° C. muss dann das gleiche $d\lambda$ erzeugen, welches einer Druckabnahme von $0{,}00367 \times 760\ mm = 2{,}79\ mm$ entspricht, sofern die Kapsel bei dem Druck von 760 *mm* geschlossen wurde. Etwa sich zeigende Abweichungen sind auf lineare Ausdehnungen der elastischen Membranen zurückzuführen; sie können entweder bei der linearen Ausdehnungskompensation der Pendelstange berücksichtigt oder aber dadurch beseitigt werden, dass man je nach dem Vorzeichen dieser Abweichungen die Kapsel statt bei 760 *mm* bei entsprechend höherem oder niedrigerem Druck hermetisch schliesst. Die letztere Methode verdient insofern den Vorzug vor der ersteren, als die völlige Uebereinstimmung der Temperaturen von Kapsel und Pendelstange in einem geschlossenen Uhrgehäuse kaum verbürgt werden kann.

Die Temperaturschichtungen der Luft, welche sich in geschlossenem Raume fast stets ausbilden, bieten ein grosses Hinderniss für eine vollkommene Kompensation der linearen Ausdehnung. Am ungünstigsten sind die Verhältnisse bei den früher gebräuchlichen Quecksilberpendeln; bei dem neuen von Riefler in München konstruirten Pendel, welches aus einem theilweise mit Quecksilber gefüllten Eisenrohr besteht, wird der Einfluss der Temperaturverschiedenheiten nur theilweise beseitigt, zumal die Leitungsvermögen für Temperaturen bei Eisen und Luft nahezu identisch sind, also auch die Temperaturschichtungen in beiden denselben Gradienten haben. Quecksilber hat noch 4 bis 5 mal geringeres Leitungsvermögen für Temperaturen, kann also die Schichtung nicht beseitigen.

Weitaus günstiger liegen die Verhältnisse bei dem Rostpendel; bei diesem aber ist die Masse der mitschwingenden Luft eine ausserordentlich grosse, wodurch der Einfluss der Luftdichteänderungen auf den Uhrgang bedeutend wächst. Das Pendel, welches nach beiden Richtungen hin die günstigsten Verhältnisse bietet, dürfte das von Herapath[1]) vorgeschlagene und bereits in Gehler's *Physik. Wörterbuch* erwähnte sein. Es besteht aus einem äusseren Eisenrohr, einem darin befindlichen Zinkrohre und einem von dem letzteren umschlossenen Eisendraht, welche drei Metalle in üblicher Weise mit einander verbunden werden. Der innere Eisendraht trägt am unteren Ende eine schwere Pendellinse. Die ausserordentliche Reinheit, in welcher die heutige Metallurgie die Metalle herzustellen vermag, ermöglicht es, die Querschnittsdimensionen auf ein geringes Maass zu reduziren, wodurch der Einfluss der Luftdichte auf die Schwingungsdauer ganz wesentlich herabgesetzt werden kann. Wählt man den Durchmesser des inneren Eisendrahtes zu 2 *mm*, die Wandstärke des Zinkrohres zu 1 *mm* und die des äusseren Eisenrohres zu 0,5 *mm*, so wird selbst für eine Linsenmasse von 20 *kg* die Festigkeit beider Metalle vollkommen ausreichen, und die Pendelstange hat alsdann nur einen äusseren Durchmesser von 5 *mm*.

Bezüglich der Linsenform für die Hauptpendelmasse gestatte ich mir, hier noch einige Schlussbetrachtungen anzustellen. Diese sehr beliebte Form findet in dem Umstand ihre Berechtigung, dass bei ihr der Luftwiderstand sehr gering ausfällt, wodurch zur Erhaltung eines konstanten Schwingungswinkels auch nur ein geringer

[1]) *Phil. Mag.* **65.** *S. 374. 1825.*

Impuls erforderlich wird. Auch die Bessel'sche Korrektionsgrösse bezüglich der mitschwingenden Luft ist bei der Linse kleiner, als beispielsweise bei der an Quecksilberpendeln üblichen Zylinderform. Trotzdem haben sich an Rostpendeln mit Linse grössere, noch unaufgeklärte Schwankungen des Uhrgangs gezeigt, als bei Quecksilberpendeln. Man war geneigt, jene Unregelmässigkeiten dem Umstand zuzuschreiben, dass bei Herstellung des Rostes, in welchem die verschiedenen Stangen beweglich bleiben müssen, keine vollkommene Starrheit des Zusammenhanges zu erreichen ist: die Stäbe wackeln mehr oder weniger in den Durchbohrungen der Traversen und vernichten dadurch einen wesentlichen Prozentsatz des Impulses in sehr veränderlichem Maasse. Die Folge sei die Inkonstanz des Schwingungsbogens und also auch der Dauer der Schwingungen. Es ist nicht zu zweifeln, dass ein grosser Theil dieser Veränderungen der Schwingungsdauer auf die letztgenannte Ursache zurückgeführt werden kann, es giebt aber noch einen anderen Grund, welcher nicht geringere Wahrscheinlichkeit besitzt. Die Voraussetzung, dass die Kreisebene der Linsenkante mit der Schwingungsebene zusammenfalle, ist in den seltensten Fällen zutreffend; aber selbst wenn dies der Fall ist, so können doch fremde Einflüsse eine kleine Drehung jener Ebene um eine vertikale Achse herbeiführen, deren Winkelwerth sich sehr rasch unter der Einwirkung des Luftwiderstandes vergrössert. Es entstehen Horizontalschwingungen der Linse und, wenn deren Dauer auch nur nahezu in einem kommensurabelen Verhältniss mit der der Vertikalschwingungen des Pendels steht, so werden jene auch nach dem Aufhören der ersten Ursache noch lange Zeit fortdauern. Der Einfluss solcher Horizontalschwingungen auf die Amplitude der vertikalen und somit auf den Uhrgang ist, wie bekannt, ein sehr bedeutender. In vielen Fällen wird das Eintreten solcher störender Schwingungen durch die Unvollkommenheit der Anhängefeder begünstigt; hat ein Horizontalquerschnitt dieser Feder nicht überall gleiche Dicke, so sind jene misslichen Schwingungen gar nicht zu beseitigen.

Es würde sich empfehlen, einmal einen Versuch mit horizontaler Lage der Pendellinse zu machen, oder an Stelle der Linse eine Kugel zu wählen. Die Kugelform, für welche Bessel den Werth $k = 0{,}9459$ fand, hat noch den Vortheil, dass bei ihr der Einfluss der Impulsänderungen auf die Grösse der Schwingungsamplitude geringer ist, als bei der Linsenform.

Frankfurt a. Main, im Dezember 1895.

Untersuchungen über die thermische Ausdehnung von festen und tropfbar flüssigen Körpern.[1])

Von
M. Thiesen, K. Scheel und L. Sell.

Die vorliegenden Untersuchungen erfüllen einen Theil des allgemeinen, in den Arbeitsplan der Reichsanstalt aufgenommenen Programms, die Ausdehnung der wichtigsten Körper mit möglichster Sicherheit zu ermitteln.

Die besseren Methoden zur Bestimmung der Ausdehnung von festen und flüssigen Körpern lassen sich in drei Klassen eintheilen. Die erste Klasse umfasst die Be-

[1]) Aus den *Wissenschaftlichen Abhandlungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.* **2.** *S. 73 bis 184. 1895.* (Verlag von Julius Springer, Berlin) mitgetheilt von Dr. K. Scheel.

stimmung der linearen Ausdehnung fester Körper, entweder absolut oder relativ zur Ausdehnung eines anderen Körpers. Zur zweiten Klasse werden die hydrostatischen Methoden gerechnet, durch welche sich die Ausdehnung von Flüssigkeiten absolut bestimmen lässt. Endlich gehören zur dritten Klasse diejenigen Methoden, durch welche die Ausdehnung einer Flüssigkeit relativ zu einer anderen Flüssigkeit oder einem festen Körper bestimmt wird.

Um wirklich einwandsfreie, genaue Ausdehnungsbestimmungen der wichtigeren Körper zu erlangen, werden möglichst die Methoden aller drei Klassen zu benutzen sein; jedenfalls ist es erforderlich, wenigstens für zwei Körper die Ausdehnung absolut zu bestimmen und durch Untersuchungen, welche den Methoden der dritten Klasse angehören, eine Verbindung zwischen denselben zu schaffen. Nur wenn sich bei dieser Verbindung ein genügend kleiner Schlussfehler ergiebt, wird man sicher sein, eine feste Grundlage gewonnen zu haben.

Die hier zunächst veröffentlichten Untersuchungen liefern zu diesem Programm nur insofern einen Beitrag, als sich aus ihnen eine indirekte, aber gute Bestimmung der Ausdehnung des Wassers gegen Quecksilber zwischen den Temperaturen 0° und 100° ergeben hat. Weitergehende Absichten sind daran gescheitert, dass auch diejenigen Glassorten, welche in nahe konstanter Zusammensetzung hergestellt werden, doch noch in ihren Eigenschaften so weit variiren, dass für genaue Bestimmungen jedem aus Glas gefertigten Gegenstande seine individuelle Ausdehnung zugeschrieben werden muss.

Unter der „Ausdehnung" eines Körpers ist der Zuwachs verstanden, welchen das Volumen des Körpers von der Normaltemperatur an (mit Ausnahme von Wasser meist 0°) bis zur Vergleichstemperatur erfährt, falls der Zuwachs durch das Volumen bei der Normaltemperatur gemessen wird. Entsprechend ist der Ausdruck „lineare Ausdehnung" zu definiren.

Sei weiter α_a die Ausdehnung eines Körpers a, α_b die Ausdehnung eines zweiten Körpers b, so wird der Ausdruck

$$\alpha_{a,b} = \frac{\alpha_a - \alpha_b}{1 + \alpha_b}$$

als Ausdehnung des Körpers a relativ zu b bezeichnet. Diese Grösse steht zu der Ausdehnung des Körpers b relativ zu a, also zu der Grösse

$$\alpha_{b,a} = \frac{\alpha_b - \alpha_a}{1 + \alpha_a}$$

in der einfachen Beziehung

$$0 = \alpha_{a,b} + \alpha_{b,a} + \alpha_{a,b}\,\alpha_{b,a}.$$

Die Ausdehnung, welche ein Körper erfährt, wenn er von einer Anfangstemperatur auf eine andere, die Endtemperatur, gebracht wird, hängt für verschiedene feste Körper (z. B. Glas, Hartgummi, Zink) nicht allein von diesen Temperaturen, sondern auch von dem Wege ab, auf welchem der Körper von der Anfangs- zu der Endtemperatur gelangt, ja sogar auch von dem Wege, auf welchem er zu der Anfangstemperatur gelangt ist. Auch bei gleichbleibender Temperatur ändert sich das Volumen der genannten Körper unter gewissen Umständen noch nach Jahrzehnten in messbarer Weise.

Indem man dieser Erscheinung, welche als „thermische Nachwirkung" bezeichnet worden ist, Rechnung trägt, muss man zwei verschiedene Arten der Ausdehnung unterscheiden, einmal die „normale Ausdehnung", welche der Körper erleidet, wenn er lange genug auf den betrachteten Temperaturen gehalten wird; die Beobachtung

dieser normalen Ausdehnung ist mit grossen Schwierigkeiten verknüpft. Dagegen kann man in den Fällen, in denen es sich um schnelle Temperaturänderungen handelt, eine andere Art der Ausdehnung mit Vortheil benutzen, welche die „Hauptausdehnung" genannt wird und welche ebenfalls die Eigenschaft besitzt, nur von den Temperaturgrenzen abhängig zu sein. Diese Ausdehnung tritt dann ein, wenn der Körper sehr schnell von einer Temperatur auf eine andere gebracht wird.

Dieses vorausgeschickt, zerfallen die vorliegenden Untersuchungen wesentlich in vier Theile.

I. Bestimmung der linearen Ausdehnung einiger Glasstäbe und eines Zinkstabes.

Die erstere dieser Untersuchungen ist schon auszugsweise in *dieser Zeitschrift* **12.** *S. 293. 1892* publizirt worden. An jener Stelle ist auch die Methode der Beobachtung auseinandergesetzt. Dagegen sind noch nicht diejenigen Einrichtungen beschrieben, welche dazu dienen, eine beliebige Temperatur herzustellen und konstant zu erhalten.

Abgesehen von der Temperatur des siedenden Wassers, die mittels Durchleiten von Dampf durch die zur Aufnahme der Vergleichsstäbe dienenden Tröge erhalten wurde, entnahm man das zur Herstellung einer beliebigen konstanten Temperatur nöthige Wasser einem der in der Reichsanstalt fest aufgestellten fünf Wasserbäder, welche im Wesentlichen die folgende Einrichtung haben:

Auf einem als Ofen dienenden Untersatz O aus starkem Schwarzblech steht das eigentliche Bad (Fig. 1), ein 90 *cm* hohes, 40 *cm* weites Gefäss G aus Eisenblech,

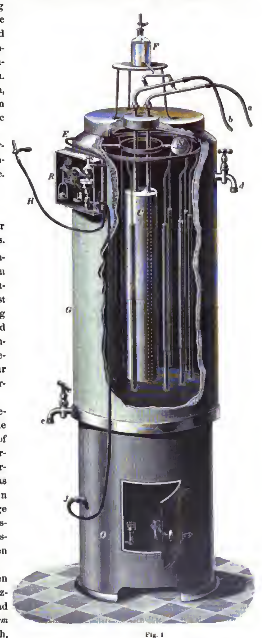


Fig. 1

4*

das durch eine 5 *cm* starke, aus Isolirmasse bestehende Schicht gegen Wärmeverlust möglichst geschützt ist. Das Bad ist durch einen ebenfalls durch die Isolirmasse verstärkten Deckel geschlossen. Es kann durch Anschluss an die Wasserleitung auch bei dauerndem Abfluss von Wasser gefüllt erhalten werden; ein mit einem in der Zeichnung nicht sichtbaren Ventil verbundener Schwimmer *S* schliesst die Wasserzufuhr ab, sobald ein bestimmtes Niveau erreicht ist. Das Bad ist mit den beiden Hähnen *c* und *d* versehen, *c* nahe dem Boden, *d* nahe dem durch das Schwimmerventil konstant zu erhaltenden Niveau.

In der Mitte des Bades befindet sich ein Einsatzzylinder *C* von 60 *cm* Höhe und 10 *cm* Durchmesser, zu welchem zwei je 2 *cm* weite Messingröhren führen; die eine derselben geht bis nahe an den unteren Boden des Zylinders, während die andere an seinem oberen Boden endigt. Die Röhren laufen nach Durchsetzung eines im Deckel des Bades befindlichen Einsatzstückes, welches den Zylinder trägt, in rechtwinklig gebogene Kniestücke aus, welche ihrerseits die Verbindung mit den Blei- oder Kautschukröhren *a* und *b* gestatten.

Das in sogleich zu beschreibender Weise auf bestimmter Temperatur gehaltene Wasser des Bades lässt sich nun in verschiedener Weise verwenden, um andere Apparate, die es durchströmt, auf eine gewünschte Temperatur zu bringen. Man kann das Wasser durch den Hahn *c* dem Bade direkt entnehmen oder es zunächst behufs besserer Durchmischung durch den Einsatzzylinder streichen lassen, oder man beschränkt sich darauf, das Wasser nur zwischen dem Einsatzzylinder und dem Apparate zirkuliren zu lassen und das Bad nur indirekt zur Erwärmung des Einsatzzylinders durch Leitung zu benutzen. Man kann ferner das benutzte, dem Bade entnommene Wasser abfliessen lassen oder es dem Bade wieder durch den Hahn *d* zuführen. In diesem letzteren Falle wurde die Bewegung des Wassers durch eine kleine Zentrifugalpumpe von 5 *cm* Durchmesser erzielt, die ihrerseits durch einen kleinen Elektromotor angetrieben wurde. Welche dieser Methoden in jedem Falle die zweckmässigste ist, hängt namentlich von der zu erreichenden Temperatur und von dem Apparate ab, in welchem das Wasser benutzt werden soll; hat der letztere eine freie Wasseroberfläche, so ist es bequemer, das Wasser nur durch den Einsatzzylinder zirkuliren zu lassen, da andernfalls ein bestimmter Niveauunterschied mit der freien Wasserfläche des Bades festgehalten werden muss; doch ist es dann wieder bei grösseren Apparaten schwierig, höhere Temperaturen zu erzielen.

Zur leichteren Füllung des Einsatzzylinders dient die oben mit einem Hahn versehene Flasche *F*, welche durch ihren unteren Tubulus mit den höchsten Stellen der von den Einsatzzylindern kommenden Knieröhren in Verbindung steht. Ausserdem nimmt die Flasche die während der Zirkulation aus dem Wasser abgeschiedene Luft auf. Die Flasche dient auch, im Falle die Zirkulation nur zwischen dem Einsatzzylinder *C* und einem geschlossenen Apparate stattfindet, zum Ausgleich der Volumänderungen der eingeschlossenen Wassermasse.

Mit jedem Wasserbade ist ein Temperaturregulator *R* fest verbunden, welcher durch Vermittelung des in dem Bade befindlichen Thermometers *T* den Gaszufluss zu einer im Ofen *O* brennenden Gasflamme derartig regelt, dass das Wasser im Bade auf eine beliebig einzustellende Temperatur gebracht und auf derselben erhalten wird. In dem regulirten Brenner strömt das Gas direkt aus einer Anzahl angesetzter Röhrchen aus und brennt bei höherem Druck mit leuchtender Flamme; bei diesem Brenner genügt eine ganz minimale Menge von Gas, um das Brennen von stecknadelkopfgrossen blauen Flämmchen zu unterhalten.

Die nähere Einrichtung des Regulators ist aus Fig. 2 ersichtlich. Die Glaskugel *C*, welche nach unten hin in eine feine, unten offene Spitze *F* ausläuft, steht bei *E* mit dem später zu beschreibenden Thermometergefäss (*T* in Fig. 1) in Verbindung, welches mit Petroleum gefüllt ist und sich in dem Bade befindet. Der untere Theil von *C* ist mit Quecksilber, der obere Theil mit dem Petroleum des Thermometergefässes gefüllt, welches auch in der Verbindungsröhre ohne jede Luftblase enthalten sein muss. Die Spitze *F* taucht in das theilweise mit Quecksilber gefüllte Gefäss *A*, welches an einem Waagebalken *B* hängt. Es ist nun klar, dass der Waagebalken bei einer ganz bestimmten, durch die Belastung *M* der anderen Schale zu regulirenden Temperatur des Thermometergefässes zum Spielen kommt; bei einer

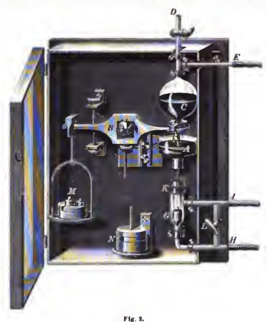


Fig. 2.

höheren Temperatur senkt sich das Gefäss *A*, da in dasselbe mehr Quecksilber eintritt, während sich bei niederer Temperatur das Gefäss *A* hebt.

Diese Bewegung wird in folgender Weise benutzt, um den Gaszutritt zu dem Brenner zu reguliren. Das Rohr *H*, welches mit der Gasleitung verbunden ist, kommunizirt mit dem zum Brenner führenden Rohre *J* auf zwei Wegen. Der eine Weg wird durch den Hahn *L* soweit versperrt, dass nur die Gasmenge, welche zur Erhaltung der kleinsten Flamme gerade genügt, hier beständig durchtreten kann. Auf dem zweiten Wege wird das Gas mehr oder weniger gedrosselt, je nach der Stellung, welche der Bleikonus *G* einnimmt. Dieser Konus hängt mittels eines feinen Platindrahtes (von 0,055 *mm* Durchmesser) an dem Gefässe *A* und nimmt daher an dessen vertikalen Bewegungen theil; er spielt in einem weiten zylindrischen, unten konisch verengten Glasrohr und schliesst daher in seiner niedrigsten Stellung die Gaszufuhr ab, während das Gas bei hochstehendem Konus freien Durchtritt findet. Es ist klar, dass diese Einrichtung geeignet ist, diejenige Temperatur, für welche der Waage-

balken im Gleichgewicht ist, innerhalb der Grenzen, welche der Vergrösserung und Verkleinerung der Regulirungsflamme gesteckt sind, herzustellen und zu erhalten.

Um das Gas von der Luft abzusperren, ohne dass die Beweglichkeit des Konus *G* merklich gehindert wird, ist der Glaszylinder, in welchem sich der Konus bewegt, nach oben durch einen Glastrichter *K* geschlossen, dessen sehr feine Oeffnung mit gut beschmolzenen Rändern eben hinreicht, um den feinen Platindraht, an welchem der Konus hängt, durchzulassen. Der Trichter ist mit Quecksilber gefüllt; wegen des kapillaren Widerstandes kann das Gas nicht durch die zwischen Draht und Trichteröffnung verbleibende Spalte dringen. Die an dieser Stelle auftretenden kapillaren und Reibungs-Kräfte werden mit Sicherheit durch weniger als 10 *mg* überwunden. Auch die Aenderungen der Kapillaritätskraft, welche vom Eintauchen der Spitze *F* in das Quecksilber des Gefässes *A* herrührt, dürften wenige Milligramm nicht übersteigen.

Dem im Bade befindlichen Thermometergefässe (*T* in Fig. 1) ist eine eigenthümliche Form gegeben, welche den Zweck hat, das Thermometer bei grosser Oberfläche möglichst die mittlere Temperatur der im Bade befindlichen Wassermasse angeben zu lassen. Das Gefäss besteht aus zehn 1 *cm* starken, 60 *cm* langen Messingröhren, welche auf der Oberfläche eines den Zylinder *C* umgebenden Zylindermantels angeordnet sind; durch engere Röhren stehen dieselben mit einem Ringe in Verbindung, der ein wenig gegen die Horizontale geneigt ist, sodass sein höchster Punkt bei dem Ansatzstutzen *E* liegt. Von *E* aus führt ein dünnes Bleirohr, ebenfalls etwas ansteigend, zu der Kugel *C* (Fig. 2) des Regulators. Die 10 Röhren bilden den Haupttheil des Gefässes und haben zusammen einen Inhalt von etwa 0,5 *l*.

Die Grösse des Thermometergefässes und der Ausdehnungskoeffizient des benutzten Petroleums bedingten eine solche Empfindlichkeit des Regulators, dass eine Gewichtsänderung von 5 *g* einer Temperaturänderung von 1° entsprach. Der Regulator hätte daher auf Temperaturunterschiede von 0°,002 reagiren müssen. In den benutzten Apparaten wurde genügend lange Zeit nach Einleitung der Zirkulation eine Konstanz der Temperatur von 0°,01 erzielt; doch hängt diese Temperatur auch von der Geschwindigkeit der Wasserzirkulation und von der Temperatur des Raumes ab.

Zur Erzielung von Temperaturen, welche nahe an 0° lagen, liess man Wasser zwischen dem Troge und einem ganz mit Eisblöcken gefüllten Bade, aus dem alle Einsätze entfernt waren, zirkuliren.

Die in *dieser Zeitschrift* ***12.*** *S. 295. 1892* mitgetheilten Werthe der Ausdehnung sind wesentlich durch Anbringung der periodischen Fehler der Mikrometerschrauben etwas geändert.

Die definitiven Werthe sind nun folgende:

In der Skale des Quecksilberthermometers aus dem Jenaer Glase 16^{III}

Lineare Ausdehnung des Glases	16^{III} . . .	$10^{-6}\left\{768{,}9\,\frac{t}{100}+38{,}7\left(\frac{t}{100}\right)^2\right\}$
	59^{III}	$10^{-6}\left\{565{,}5\,\frac{t}{100}+27{,}2\left(\frac{t}{100}\right)^2\right\}$
	verre dur . . .	$10^{-6}\left\{738{,}5\,\frac{t}{100}+39{,}0\left(\frac{t}{100}\right)^2\right\}$
Kubische Ausdehnung „ „	16^{III}	$10^{-6}\left\{2306{,}6\,\frac{t}{100}+118{,}1\left(\frac{t}{100}\right)^2\right\}$
	59^{III}	$10^{-6}\left\{1696{,}4\,\frac{t}{100}+82{,}8\left(\frac{t}{100}\right)^2\right\}$
	verre dur . . .	$10^{-6}\left\{2215{,}4\,\frac{t}{100}+118{,}9\left(\frac{t}{100}\right)^2\right\}$

In der Skale des Wasserstoffthermometers

$$\text{Lineare Ausdehnung des Glases} \begin{cases} 16^{III} \ldots\ldots & 10^{-6}\left\{772{,}3\,\frac{t}{100} + 35{,}0\left(\frac{t}{100}\right)^2\right\} \\ 59^{III} \ldots\ldots & 10^{-6}\left\{568{,}0\,\frac{t}{100} + 24{,}5\left(\frac{t}{100}\right)^2\right\} \\ \textit{verre dur} \ldots & 10^{-6}\left\{741{,}7\,\frac{t}{100} + 35{,}5\left(\frac{t}{100}\right)^2\right\} \end{cases}$$

$$\text{Kubische Ausdehnung „ „} \begin{cases} 16^{III} \ldots\ldots & 10^{-6}\left\{2316{,}7\,\frac{t}{100} + 107{,}1\left(\frac{t}{100}\right)^2\right\} \\ 59^{III} \ldots\ldots & 10^{-6}\left\{1703{,}9\,\frac{t}{100} + 74{,}6\left(\frac{t}{100}\right)^2\right\} \\ \textit{verre dur} \ldots & 10^{-6}\left\{2225{,}2\,\frac{t}{100} + 108{,}3\left(\frac{t}{100}\right)^2\right\} \end{cases}$$

Die angegebenen Ausdehnungen werden als normale zu betrachten sein, da die Stäbe lange genug vor jeder Messung der betreffenden Temperatur ausgesetzt geblieben waren, um wenigstens bei den höheren Temperaturen merklich ihre definitive Länge angenommen zu haben.

In ähnlicher Weise und mit denselben Hülfsmitteln, wie bei der Untersuchung der Glasstäbe, wurde auch ein Zinkstab von krystallinischer Struktur untersucht, welcher in der Art hergestellt war, dass man in das in einem Tiegel geschmolzene reine Zink eine angewärmte Glasröhre tauchte und in dieser durch Verbindung mit einer Luftpumpe das geschmolzene Zink in die Höhe sog. Die Untersuchungen waren hauptsächlich zu dem Zwecke unternommen, um die thermische Nachwirkung des Zinks, welche dasselbe nach älteren Untersuchungen in hohem Maasse zeigen sollte, näher zu studiren. Diese Absicht scheiterte nun aber daran, dass die erwartete Wirkung bei dem benutzten Stabe fast vollkommen ausblieb, obwohl derselbe längere Zeit auf 100° erhitzt wurde, und man ihn dann schnell auf 0° abkühlte und seine Längenänderungen bei 0° mehrere Tage hindurch verfolgte. Dies Ergebniss eröffnet einige Aussicht zur Wiederanwendung des in letzter Zeit in Verruf gerathenen Zinks in den Fällen, für welche es durch seine hohe Ausdehnung besonders geeignet erscheint, z. B. für Kompensationszwecke und Metallbarometer.

Die Ausdehnung des Zinkstabes von 0° bis 100° ergab sich aus den Messungen gleich 0,002628.

II. Bestimmung der relativen Ausdehnung zwischen Quecksilber, Wasser und einigen Gläsern, insbesondere zwischen den Temperaturen 0° und 100°.

Die beschriebenen Untersuchungen wurden mittels Dilatometer (Ausflussthermometer) aus den Jenaer Gläsern 16^{III} und 59^{III} und dem französischen *verre dur* (Tonnelot'schen Glas) ausgeführt. Behufs Bestimmung der Ausdehnung des Quecksilbers relativ zu den Gläsern wurden die mit Quecksilber gefüllten Dilatometer abwechselnd den Temperaturen 0° und 100° ausgesetzt und die zwischen diesen Temperaturen ein- und austretenden Quecksilbermengen durch Wägung von Gläschen, welche dies Quecksilber aufnahmen, bestimmt. Da auch die Masse des das Dilatometer bei 0° füllenden Quecksilbers mit genügender Genauigkeit bekannt war, so liess sich aus diesen Wägungen die Ausdehnung des Quecksilbers relativ zu den Gläsern unmittelbar ableiten.

Zur Bestimmung der Ausdehnung des Wassers wurde das mit Wasser gefüllte Dilatometer auf 100° erhitzt und die bei der Abkühlung auf 0° aus einem untergestellten Gefässe aufgesogene Quecksilbermenge durch Wägung bestimmt. Zur Wiederholung der Messung war hier eine Neufüllung des Dilatometers erforderlich.

Die Messungen mit Queeksilberfüllung wurden mit fünf verschiedenen Dilatometern (16 Nr. 1; 16 Nr. 2; T Nr. 1; T Nr. 3; 59) ausgeführt. Zwei davon waren aus dem Jenaer Glase 16^{III} angefertigt, das aber sicher aus zwei verschiedenen Schmelzungen herrührte. Während nun die mit demselben Dilatometer ausgeführten Versuche den Werth der Ausdehnung, bezogen auf das Volumen bei 0°, auf etwa $1 \,.\, 10^{-6}$ sicher ergaben, wichen die für die beiden Dilatometer gefundenen Werthe um $22 \,.\, 10^{-6}$ von einander ab; man muss also in Verbindung mit sonstigen Erfahrungen daraus folgern, dass das Jenaer Glas 16^{III} nicht in einer für weitergehende Ansprüche genügend gleichartigen Beschaffenheit hergestellt wird, und dass es unmöglich sein dürfte, aus Untersuchungen, die sich auf eine bestimmte Glasprobe beziehen, auf die Ausdehnung aller aus diesem Glase verfertigten Gegenstände zu schliessen, soweit Differenzen von etwa $\pm 0{,}01$ der Ausdehnung nicht vernachlässigt werden dürfen.

Zwei andere Dilatometer, aus *verre dur* gefertigt, lieferten innerhalb der Genauigkeitsgrenze unter einander identische Resultate. Die Gefässe derselben waren aus verschiedenen Theilen derselben Glasröhre hergestellt. Man wird daher annehmen können, dass die vorhandenen oder durch die weitere Bearbeitung entstandenen Unterschiede in der Spannung und chemischen Zusammensetzung der einzelnen Theile des Rohrs von untergeordnetem Einflusse waren, und dass wenigstens aus demselben Rohre angefertigte Gefässe von unter einander ähnlicher Beschaffenheit auch identische Ausdehnungen erwarten lassen.

Für die Anwendung auf die Theorie des Quecksilberthermometers ergaben die Versuche verhältnissmässig günstige Resultate. Die gefundenen Unterschiede in der Ausdehnung desselben Glases zwischen 0° und 100° liegen ziemlich an der Grenze dessen, was durch Beobachtungen am Quecksilberthermometer festzustellen sein wird, und die gefundene Ausdehnung des Quecksilbers gegen die betreffenden Glassorten dürfte auch da vorzugsweise anzuwenden sein, wo bisher eine besondere Bestimmung für das betreffende Thermometer vorliegt.

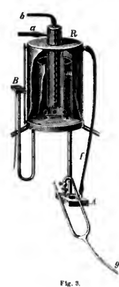


Fig. 3.

Zu den Bestimmungen bei 100° wurden der in *dieser Zeitschrift* ***15.*** *S. 123. 1895* beschriebene und abgebildete, von Herrn Pernet angegebene Apparat, jedoch mit einigen nicht unwesentlichen Modifikationen benutzt.

Die wesentlichen Verbesserungen bestanden darin, dass der Apparat durch Einschluss zwischen zwei Dampfdruckregulatoren und durch Anbringung eines Ueberlaufs von den Aenderungen des Dampfdrucks im Generator nahezu unabhängig geworden ist, während gleichzeitig dadurch vermieden wird, dass sich im Wasser des Apparates mit der Zeit schwerer flüchtige Bestandtheile anhäufen, wie sie bei Untersuchungen von Thermometern schon durch die zur Reinigung der Glasglocke und der Thermometer benutzte Natronlauge eingeführt werden. Endlich ist noch Vorsorge getroffen, dass der austretende Dampf in geeigneter Weise kondensirt wird, ohne ins Zimmer zu treten.

Das Prinzip des den Dampf bei *a* aufnehmenden Regulators (Fig. 3) besteht darin, dass bei einem bestimmten, einstellbaren Drucke der überschüssige Dampf, welcher nicht durch das verhältnissmässig enge Rohr *b* abgeführt wird, unter Durchbrechung einer

Wassersäule, deren Höhe dem eingestellten Drucke entspricht, einen bequemen Weg in die Atmosphäre oder vielmehr durch die Röhre f zu einem Kondensationskasten A findet. Der Regulator besteht aus einem Kupfergefäss R von 15 *cm* Durchmesser und 20 *cm* Höhe, welches bis zu einer bestimmten, durch den verschiebbaren Ueberlauf B gegebenen Höhe mit Wasser gefüllt gehalten wird. In das Wasser taucht ein 5 *cm* weites, unten zackenförmig ausgefeiltes Rohr, welches den vom Generator kommenden Dampf aufnimmt und den überschüssigen Dampf zwischen den Zacken austreten lässt. Der Mantel m hat hauptsächlich den Zweck, ausserhalb desselben eine möglichst ruhige Wasseroberfläche zu erhalten und damit ein regelmässiges Funktioniren des Ueberlaufes B zu befördern.

Der flache Kondensationskasten A wird stets mit Wasser gefüllt gehalten, welches durch einen kleinen Trichter aus dem Rohre g eintritt und durch eine grosse Oeffnung im Deckel ausfliesst. Im Deckel endigt auch, ohne ihn zu durchsetzen, das Rohr, welches den zu kondensirenden Dampf zuführt.

Bei den Eispunktsbestimmungen diente der in *dieser Zeitschrift* ***15.*** *S. 118. 1895* beschriebene Apparat.

Die gewonnenen Resultate sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt. Die Zahlen der letzten Spalte sind unter Benutzung der unter I. gefundenen Werthe für die Ausdehnung der drei Glassorten abgeleitet.

Dilatometer	Negative Ausdehnung des Glases gegen Quecksilber	Ausdehnung des Quecksilbers gegen Glas	Ausdehnung des Quecksilbers zwischen 0° und 100°.
16 Nr. 1	0,01552494	0,01576976	0,0182327
16 Nr. 2	0,01550211	0,01574620	0,0182091
T Nr. 1	0,01557575	0,01582220	0,0181934
T Nr. 3	0,01557674	0,01582321	0,0181944
59	0,01618236	0,01644854	0,0182570

Die beste Bürgschaft dafür, dass die Dilatometer aus demselben Glase wie die Röhren angefertigt sind, mit denen die Ausdehnung des Glases bestimmt wurde, bieten die Dilatometer 16 Nr. 1 und 59; das Mittel aus den beiden hiermit erhaltenen Werthen, also

0,018245,

dürfte daher zunächst als wahrscheinlichster Werth für die Ausdehnung des Quecksilbers zwischen 0° und 100° anzunehmen sein. Der Werth stimmt mit den von Bosscha und Wüllner berechneten nahe überein.

Die Ausdehnung des Wassers gegen Quecksilber zwischen 0° und der 100° nahe liegenden Temperatur t_a lässt sich gut durch die Gleichung

$$\alpha_{w,q} = 0{,}0245767 + 0{,}000590\,(t_a - 100)$$

darstellen. Unter Benutzung des Werthes für Quecksilber ergiebt sich daraus die Ausdehnung des Wassers zwischen 0° und 100° gleich

0,043272.

III. Bestimmung des Unterschiedes zwischen der normalen und der Hauptausdehnung dreier Glassorten.

Die Beobachtungsmethode besteht in der Bestimmung der Eispunktsdepression von Thermometern, welche mehrere Wochen im Eise aufbewahrt waren und darauf längere Zeit auf 25°, 50°, 75°, 100° erwärmt wurden. Die Resultate der zwei Reihen, in deren erste je vier Thermometer aus *verre dur* und Glas 16^III^ und in deren zweite

je drei Thermometer aus *verre dur* und den Gläsern 16^{III} und 59^{III} eingingen, lieferten für die Depressionen in Temperaturgraden die folgenden Gleichungen:

$$\text{für } verre\ dur \ldots\ldots \quad -e_t = 0{,}10036 \frac{t}{100} + 0{,}00928 \left(\frac{t}{100}\right)^2$$

$$\text{für Jenaer Glas } 16^{III} \ . \quad -e_t = 0{,}06484 \frac{t}{100} + 0{,}03104 \left(\frac{t}{100}\right)^2$$

$$\text{für Jenaer Glas } 59^{III} \ . \quad -e_t = 0{,}01936 \frac{t}{100} - 0{,}01456 \left(\frac{t}{100}\right)^2$$

Diese Resultate weichen von denen Guillaume's und Böttcher's nicht unwesentlich ab, wie die folgende Tafel zeigt.

Berechnete Depressionen in 0°,0001.

		0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	100°
für *verre dur* . . .	nach der Formel .	0	101	204	309	416	525	636	748	862	978	1096
	nach Guillaume .	0	90	182	276	373	471	572	675	781	887	997
für Jenaer Glas 16^{III}	nach der Formel .	0	68	142	222	309	402	501	606	717	835	959
	nach Böttcher .	0	70	139	206	271	335	397	458	517	574	630
für Jenaer Glas 59^{III}		0	48	93	135	174	210	244	274	302	326	348

Unter Ausschluss der mit grösserer Unsicherheit behafteten Depressionsbeobachtungen bei 0° ergeben sich die Depressionen

$$\text{für } verre\ dur \ldots\ldots \quad -e_t = 0{,}1199 \frac{t}{100} - 0{,}0052 \left(\frac{t}{100}\right)^2,$$

$$\text{für Jenaer Glas } 16^{III} \ . \quad -e_t = 0{,}0748 \frac{t}{100} + 0{,}0236 \left(\frac{t}{100}\right)^2,$$

welche Formeln für diese beiden Gläser als die theoretisch richtigeren anzusehen sind.

Mit Benutzung der zuerst angeführten Werthe erhält man dann gegenüber den S. 55 gegebenen Werthen der normalen Ausdehnung die folgenden Gleichungen für die

Hauptausdehnung
der drei Glassorten in der Skale des Wasserstoffthermometers

$$verre\ dur \ldots\ldots \quad 10^{-6} \left\{ 2209{,}3 \frac{\tau}{100} + 106{,}8 \left(\frac{\tau}{100}\right)^2 \right\},$$

$$\text{Jenaer Glas } 16^{III} \ . \ . \quad 10^{-6} \left\{ 2306{,}5 \frac{\tau}{100} + 102{,}2 \left(\frac{\tau}{100}\right)^2 \right\},$$

$$\text{Jenaer Glas } 59^{III} \ . \ . \quad 10^{-6} \left\{ 1695{,}8 \frac{\tau}{100} + 77{,}0 \left(\frac{\tau}{100}\right)^2 \right\}.$$

IV. Ueber den Gang der Ausdehnung des Quecksilbers zwischen 0° und 100° und des Wassers in der Nähe von 100°.

Aus den bisher gewonnenen Resultaten lässt sich in Verbindung mit den Resultaten der Vergleichung von Quecksilberthermometern unter einander (s. *diese Zeitschrift 15. S. 433. 1895*), sowie unter Benutzung der von Chappuis gefundenen Reduktionen der Angaben von Quecksilberthermometern auf diejenigen eines Wasserstoffthermometers, der Gang der Ausdehnung des Quecksilbers zwischen 0° und 100°, sowie des Wassers in der Nähe von 100° ableiten. Bezeichnet τ die Temperatur, gemessen in der Skale des Wasserstoffthermometers, so sind die Ausdehnungen des Quecksilbers α_q und des Wassers α_w dargestellt durch die Gleichungen

$$\alpha_q = 0{,}018161 \frac{\tau}{100} + 0{,}000078 \left(\frac{\tau}{100}\right)^2,$$

$$\alpha_w = 0{,}043272 + 0{.}000798\,(\tau - 100).$$

Referate.

Ueber ein Thermometer mit unveränderlichem Nullpunkt.

Von L. Marchis. *Journ. de phys.* (3) **4.** *S. 217. 1895.*

Bei dem vom Verfasser beschriebenen Quecksilberthermometer ist das Gefäss statt aus Glas aus Platin hergestellt, welches mit der Röhre aus Glas direkt verschmolzen ist. Das Thermometer lässt sich im Uebrigen wie ein gewöhnliches Quecksilberthermometer behandeln, nur die Füllung machte einige Schwierigkeit, weil man, um chemische Einwirkungen zu vermeiden, das Quecksilber im Reservoir nicht zum Sieden bringen durfte. Doch konnte diese Schwierigkeit bei Zuhülfenahme einer Luftpumpe leicht umgangen werden, wenn man das Quecksilber in einer Erweiterung der Glasröhre erhitzte.

Der Verfasser bestimmte den Eispunkt eines solchen Instrumentes, nachdem er dasselbe schnell wechselnden Temperaturen im Intervalle 0° bis 100° ausgesetzt hatte; doch konnten keine Aenderungen des Eispunktes beobachtet werden, welche 0,001° überschritten.

Schl.

Die Messung zyklisch variirender Temperaturen.

Von Henry F. W. Burstall. *Phil. Mag.* **40.** *S. 282. 1895.*

Der Verfasser bestimmte den Verlauf der Temperatur im Innern des Zylinders einer Gasmaschine während eines Hubes. Er benutzte dabei elektrische Widerstandsthermometer aus Platindrähten, die in den Zylinder selbst eingeführt waren. Es ergab sich, wie von vornherein zu erwarten, bei der Ausdehnung des Gases ein starker Temperaturabfall, der im Allgemeinen proportional mit der seit Beginn des Hubes verflossenen Zeit war; doch zeigten sich mitunter einige unerklärt gebliebene Abweichungen von dieser Proportionalität.

Schl.

Ueber die an metastatischen Thermometern anzubringenden Korrektionen.

Von Scheurer-Kestner. *Compt. rend.* **121.** *S. 553. 1895.*

Die hier gegebene Theorie der Quecksilberthermometer mit wechselnder Quecksilbermenge dürfte Allen, welche jemals solche Instrumente benutzt haben, mehr als hinreichend bekannt sein. *Schl.*

Ueber ein Normalbarometer für das Laboratorium.

Von K. R. Koch. *Wied. Ann.* **55.** *S. 391. 1895.*

Das über dem unteren Gefässe zunächst noch geschlossene Barometer steht oben mittels einer Kapillare mit einem horizontalen, zur Luftpumpe führenden Rohre in Verbindung. In das horizontale Rohr ist ausser einer mit Phosphorsäureanhydrid gefüllten Trockenröhre und einer Geissler'schen Röhre zur Prüfung des Vakuums ein U-förmig gebogenes Rohr von mehr als Barometerhöhe eingefügt, aus welchem man zur Bestimmung des spezifischen Gewichts Proben des verwendeten Quecksilbers entnehmen kann. Ferner ist an die horizontale Röhre ein Ballon mit dem zur Füllung bestimmten Quecksilber angeschlossen. Nach Evakuirung des ganzen Systems wird das Quecksilber im Ballon vorsichtig erwärmt, bis es vollständig ins Barometerrohr überdestillirt ist. Darauf wird das obere Gefäss vom horizontalen Rohre abgeschmolzen und das untere Gefäss geöffnet.

In das obere und untere Gefäss sind gut untersuchte Thermometer eingeschmolzen, deren Kugeln direkt im Quecksilber des Barometers ruhen. *Schl.*

Eine Modifikation des Fahrenheit'schen Aräometers und eine neue Form der Waage.

Von G. Guglielmo. *Rend. Accad. dei Linc.* **4.** *S. 77. 1895.*

Das Instrument ist äusserst ähnlich dem von Lohnstein in *dieser Zeitschrift* **14.** *S. 164. 1894* beschriebenen, jedoch unabhängig von diesem konstruirt worden. Der durch Quecksilber beschwerte Schwimmkörper trägt ein vertikales, 2 bis 10 *mm* langes Röhrchen von

2 bis 3 *mm* äusserem und 0,3 *mm* innerem Durchmesser, in welchem der Stiel der Gewichtsschale, ein 0,3 *mm* starker Platindraht, festsitzt. Das Instrument wird in ein mit der zu untersuchenden Flüssigkeit gefülltes Standglas eingesetzt und die Schale soweit belastet, bis eine Marke des Platindrahtes in die Oberfläche der Flüssigkeit fällt. Die Gewichtsschale kann auch mit Benutzung eines das Standglas umspannenden Bügels unterhalb des Schwimmkörpers angeordnet werden; die Stabilität des ganzen Systems wird dadurch wesentlich erhöht. Namentlich in dieser letzteren Form lässt sich das Aräometer auch als Waage benutzen.

Schl.

Ueber eine Linsenkonstruktion, welche dazu dient, einen auf visuellen Gebrauch korrigirten Refraktor für photographische Aufnahmen mit dem Spektroskop geeignet zu machen.

Von James E. Keeler. *Astrophys. Journ. 1. S. 101. 1895.*

Verfasser charakterisirt zunächst die Uebelstände, welche sich beim Gebrauch eines grossen Refraktors für photographische Aufnahmen von Sternspektren geltend machen. Da das sekundäre Spektrum nicht beseitigt ist, erhält man von einem Stern kein lineares Spektrum, sondern das Spektrum ist je nach der Grösse der chromatischen Aberration für die betreffende Farbe mehr oder weniger erweitert. In den hellsten Theilen ist dasselbe nahezu linear, während nach dem blauen Ende zu, in der Gegend der stärksten photographischen Wirksamkeit, die Breite mit der Wellenlänge stark variirt. Stelle ich nun auch auf eine mittlere Wellenlänge im photographisch wirksamen Theile des Spektrums ein, so verbreitert sich doch das Spektralbild eines Sternes so rasch nach grösseren wie kleineren Wellenlängen zu, dass bei dem dadurch hervorgebrachten starken Abfall der Intensität nur ein sehr enges Intervall die richtige Exposition erhalten kann. Ausserdem wird Schätzung der relativen Helligkeit von Spektrallinien nahezu unmöglich gemacht.

Es fragt sich nun, ob man nicht vielleicht den gewöhnlichen achromatischen Refraktor durch eine geeignete Hülfslinse von diesem Uebelstande befreien kann. Wie die Hülfslinse für gewöhnliche photographische Himmelsaufnahmen soll sie die Stelle der besten chromatischen Korrektion nach dem blauen Ende des Spektrums zu verlegen. Als besondere Forderung tritt aber hinzu, die Brennweite des Objektivs unverändert zu erhalten, damit eine Verschiebung des Spektroskops in der Richtung der Fernrohrachse vermieden werde. Abgesehen von den mechanischen Komplikationen würde nämlich eine solche Verschiebung die Stabilität des Kollimators vermindern und damit die Genauigkeit der Messung gefährden. Ferner ist es erwünscht, dass die Apertur nicht gesteigert werde, damit der Kollimator in Folge der auch für ihn nöthigen Aperturvergrösserung nicht an der Güte seiner optischen Korrektion einbüsse oder doch schwieriger in der Herstellung werde. Dagegen brauchen wir bei dieser Hülfslinse für spektroskopische Zwecke nicht für eine so gute optische Korrektion des Bildes ausser der Achse zu sorgen, wie bei der gewöhnlichen photographischen.

Verfasser zeigt nun, wie man nach vorhergehender genauer Bestimmung der chromatischen Abweichungen eines Objektivs eine derartige Korrektionslinse berechnen kann; als Beispiel wird eine solche für den Lick-Refraktor gewählt. Die Forderung, dass die Brennweite des Objektivs nicht geändert werden soll, involvirt die Festsetzung: Brennweite der Hülfslinse gleich unendlich; da man zur Vermeidung von grösseren Lichtverlusten eine verkittete Doppellinse nehmen wird, müssen also die inneren Flächen gleiche und entgegengesetzte Krümmungsradien haben. Die Summe der Radien jeder Linse bestimmt sich nach dem Ort, wo ich die Linse in den Weg der vom Objektiv kommenden Strahlen einschalte, nach den Wellenlängen im Blau, deren Strahlen ich zu strenger Vereinigung bringe, und nach der optischen Beschaffenheit der verwandten Glasarten. Verf. legt die Linse 1 *m* inner-

[1]) Um das Spektrum an verschiedenen wichtigen Stellen linear machen zu können, schlägt Verf. vor, sich mit mehreren (etwa 3) solcher Hülfslinsen auszurüsten; durch Anwendung anderer Glasarten, als im Beispiel des Verf., dürfte aber vielleicht schon mit einer Linse gute Korrektion für einen grösseren Theil des Spektrums zu erzielen sein.

halb des Fokus; für die zu vereinigenden Strahlen nimmt er die der Wellenlängen für die Wasserstofflinien H_β und H_δ, als Gläser gewöhnliches Flint ($n_D = 1,6347$) und Crown ($n_D = 1,5231$). Die Brennweiten werden so + 0,18365 *m* für die eine Linse, − 0,18365 *m* für die andere Linse. Der Werth des 1. Krümmungsradius, durch den dann auch die übrigen bestimmt sind, ist mit Rücksicht auf möglichst gute Hebung der sphärischen Aberration zu

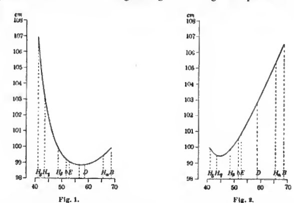


Fig. 1. Fig. 2.

wählen. Um zu erläutern, wie die Farbenkorrektion des Objektivs durch die Zusatzlinse geändert wird, sind zwei Kurven beigegeben; Fig. 1 bezieht sich auf das einfache Objektiv, Fig. 2 auf das Objektiv mit Hülfslinse. Als Abszissen sind die Wellenlängen, als Ordinaten die Abstände der Brennpunkte, gerechnet von dem Ort der Hülfslinse für die betreffenden Strahlen, aufgetragen[1]). *A. K.*

Ueber registrirende Regenmesser und Pegel.

Von P. Schreiber. *Civilingenieur 41. S. 374. 1895.*

Verf. berichtet einleitend über seine älteren Registrirapparate, welche auf dem Prinzip des Waagemanometers beruhen. Bei letzterem hängt eine in Quecksilber eingetauchte Glasglocke an einem Waagebalken; in den abgeschlossenen Luftraum der Glocke wird von unten durch das Quecksilber eine Röhre geleitet. Verbindet man diese Röhre mit irgend einem Gefäss, welches Luft enthält, so giebt jede Aenderung in der Spannung dieser Luft eine Aenderung im Gewicht der Glocke und man kann somit direkt Druckdifferenzen, also auch Wasserstände, Regen- und Verdunstungsmengen, Lufttemperaturen u. dgl. messen.

Die Erfahrungen mit dem Richard'schen Aneroïdbarographen haben den Verf. dazu geführt, das Waagemanometer durch federnde Dosensysteme zu ersetzen und nach diesem Prinzip einen registrirenden Regenmesser — zunächst nur für starke Niederschläge — zu konstruiren. Von dem auf dem Dache aufgestellten Auffanggefäss führt ein 5 *m* langes Gasrohr zu einem System von 6 Dosen aus ½ *mm* starkem Neusilberblech; die Veränderungen dieses Systems werden mittels Hebelübertragung auf einem rotirenden Zylinder aufgezeichnet. Jedem Millimeter Niederschlag entspricht eine Bewegung des Schreibstiftes von etwa dem gleichen Betrage. Für schwache Niederschläge sollen zwei Druckrohre von 2 *m* Länge aufgestellt werden, von denen das eine einen Querschnitt von $^1/_{200}$ der Auffangfläche, das andere von $^1/_{10}$ dieser Fläche hat. Durch geeignete Uebersetzung der Dosenbewegung lässt sich er-

[1]) In einer Nachschrift (*Astrophys. Journ. 1. S. 350. 1895*) berichtet der Verf., dass dieselbe Linsenkombination für gewöhnliche Photographie kleiner Objekte in der Junisitzung 1887 der Royal Astronomical Society von Christie empfohlen wurde. Huggins erkannte die Bedeutung derselben für spektroskopisch-photographische Zwecke und liess eine Korrektionslinse für seinen 18-zölligen Refraktor nach Turner's Berechnungen von Grubb ausführen.

reichen, dass in dem engen Rohrsystem 0,1 *mm* Niederschlag durch 2 *mm* Hebung der Schreibfeder markirt wird, während die Empfindlichkeit des anderen nur $^1/_{20}$ hierven beträgt.

Nach demselben Prinzip ist ein registrirendes Pegel hergestellt, zu dessen Erprobung sich jedoch noch keine Gelegenheit geboten hat. Dabei wird angenommen, dass der Wasserdruck durch eine mit Flüssigkeit gefüllte und am Ende mit einer Membran verschlossene Röhre übertragen wird. Sollte sich hierbei das Dosenfedermanometer nicht bewähren, so ist vom Verf. eine besondere Form seines eingangs erwähnten Waagemanometers in Aussicht genommen, bei welchem als Gegengewicht ebenfalls ein in Quecksilber tauchendes Rohr dienen soll. *Sy.*

Apparat zur Erklärung der Entstehung der Kundt'schen Staubfiguren.

Von Walter König. *Zeitschr. f. d. phys. u. chem. Unterr.* **8.** *S. 191. 1895.*

Die Luft in einer 55 *cm* langen und 4,5 *cm* weiten Glasröhre, die am einen Ende offen und am anderen Ende durch ein Häutchen aus dünnem Kautschuk oder Pergamentpapier verschlossen ist, wird nach dem Vorgang von Neesen (*Wied. Ann.* **30.** *S. 438. 1887*) dadurch in starke Schwingungen versetzt, dass gegen die Mitte des Häutchens ein Kork schlägt, der an dem frei schwingenden Ende einer mit dem anderen Ende festgeklemmten starken stählernen Feder befestigt ist. Die Feder, deren Schwingungen elektromagnetisch erregt werden, ist 9 *cm* lang und etwas über 1 *cm* breit. Der Kontakt, eine Bürste aus Platindraht, die einem verstellbaren Platinblech gegenübersteht, sitzt 2,5 *cm* vom festen Ende der Feder. Das freie Ende der Feder trägt ausser dem Kork noch eine kleine Eisenmasse, um den Schwingungen grössere Wucht zu verleihen. Der Schwingungserreger und die Glasröhre sind auf einem schmalen Holzbrett so befestigt, dass letztere auf zwei Lagern parallel mit sich selbst verschoben und in beliebiger Lage festgeklemmt werden kann. Die Röhre erhält eine solche Stellung, dass ihr Eigenton neben dem Geräusch des Schwingungserregers deutlich hörbar ist.

Um die bekannte Anordnung des Korkstaubs in den Kundt'schen Rippen zu erklären, muss man zeigen, welche Kräfte zwischen zwei Körpern in einer schwingenden Luftmasse wirksam sind. Zu diesem Zwecke werden in die Glasröhre zwei kleine Gestelle eingeschoben, von denen jedes zwei sehr kleine Pendel trägt. Diese bestehen aus dünnen, versilberten Kupferdrähten, auf deren unteren Enden ungefähr 1 *cm* dicke Hollundermarkkugeln aufgeschoben sind, während die oberen Enden zu Haken umgebogen sind, mit denen die Pendel in Oesen eingehängt werden. Die Länge jedes Pendels vom Haken bis zur Mitte der Kugel beträgt 2,5 *cm*. Die Oesen sitzen an den Enden waagrechter Messingstäbe, die in Hülsen verschiebbar sind, und diese Hülsen sind an flachen Ringen befestigt, welche gerade in die Röhre hineinpassen und durch Querleisten mit einander verbunden sind. Das eine Gestell (Fig. 1)



Fig. 1. Fig. 2.

ist so eingerichtet, dass die Verbindungsgerade der Kugelmittelpunkte in die Längsrichtung der Röhre fällt, die Kügelchen also im Sinne der Schwingungsrichtung hintereinander hängen. Bei diesem Gestell werden die Pendelträger so eingestellt, dass die Oberflächen der frei und ruhig herabhängenden Kügelchen sich eben berühren. Wird dann das Gestell in die Röhre geschoben und deren Luft in Schwingungen versetzt, so entfernen sich die Kugeln ungefähr 4 *mm* von einander. Das andere Gestell (Fig. 2) ist so eingerichtet, dass die Verbindungsgerade der Kugelmittelpunkte auf der Röhrenachse senkrecht steht, die Kügelchen also im Sinne der Schwingungsrichtung neben einander hängen. Hier werden die Kügelchen so eingestellt, dass sie 4 bis 5 *mm* von einander abstehen. Sobald und solange die Luft in der Röhre sich in Schwingungen befindet, ziehen sich die Kügelchen an. Die Ver-

suche lehren, dass auch bei Kugeln, deren Dicken gross gegen ihren Abstand sind, in einer schwingenden Luftmasse bewegende Kräfte vorhanden sind, und zwar stossen sich die Körper scheinbar ab, wenn sie hinter einander, sie ziehen sich aber scheinbar an, wenn sie neben einander im Sinne der Schwingungsrichtung liegen. Um zu zeigen, dass unregelmässig gestaltete Körper sich mit ihrer grössten Ausdehnung quer gegen die Schwingungsrichtung einstellen, ist dem Apparat noch ein drittes Gestell beigegeben, das ebenfalls in die Röhre eingeschoben werden kann und einen kleinen Haken trägt, an dem kleine flache oder länglich gestaltete Körper, z. B. Kartonscheibchen an Kokonfäden, leicht drehbar aufgehängt werden können. Einer grösseren Zuschauermenge können die Vorgänge durch Horizontalprojektion gleichzeitig sichtbar gemacht werden; zu diesem Zwecke ist in dem Brette unterhalb der Röhre ein Schlitz von geeigneter Länge und Breite angebracht Der Apparat, der auf der Naturforscher-Versammlung in Nürnberg gezeigt wurde, wird von F. Ernecke in Berlin angefertigt. *H. H.-M.*

Modifikation des Soxhlet'schen Extraktionsapparates zur Extraktion bei Siedetemperatur.

Von A. Philips. *Ber. d. deutsch. chem. Ges. 28. S. 1475. 1895.*

Der Apparat, den der Verfasser beschreibt, besteht aus einem äusseren, einem Vorstoss ähnlichen Glasgefäss, welches auf den Kolben mit der siedenden Extraktionsflüssigkeit aufgesetzt wird, und aus einem zweiten inneren Gefäss; dieses ist mit dem ersten oben am Rande verschmolzen und läuft unten in ein dünnes Rohr aus, welches, zwischen den beiden Glasmänteln herlaufend, aufwärts und dann abwärts gebogen ist und so einen Heber bildet. Das innere Gefäss dient zur Aufnahme der in einem Filter befindlichen, zu extrahirenden Substanz. Die Dämpfe der Extraktionsflüssigkeit durchstreichen das äussere Gefäss, gelangen durch einige Löcher, die sich im inneren Gefäss befinden, in dieses und tropfen nun, durch den aufgesetzten Kühler verdichtet, auf die Substanz. Durch die umgebenden Dämpfe wird die herabgetropfte Flüssigkeit fortwährend im Sieden erhalten.

Der Apparat ist billig, wenig zerbrechlich und ermöglicht eine schnelle Extraktion; er wird von der Firma Dr. Bender und Dr. Hobein in München (Filiale in Zürich) in allen Grössen angefertigt. *Fk.*

Neu erschienene Bücher.

Grundriss der Elektrochemie. Von Hans Jahn. X, 312 S. Wien, A. Hölder. 1895. Preis 8 M.

Der rasche Aufschwung, den die Elektrochemie während der letzten Jahre in wissenschaftlicher wie technischer Beziehung genommen, hat eine ganze Reihe von Lehrbüchern dieses Gebiets entstehen lassen, die den Stoff bald von dem einen, bald von dem andern Gesichtspunkt aus behandeln. Im Gegensatz zu dem kürzlich (*diese Zeitschrift 15. S. 305. 1895*) besprochenen Werkchen von Lüpke wendet sich das vorliegende umfangreichere Jahn'sche Buch mehr an solche, die mit dem Gegenstand sich näher, insbesondere in theoretischer Hinsicht, vertraut machen wollen und fordert für sein Verständniss Kenntnisse in den Anfangsgründen der Differential- und Integral-Rechnung. Verf. verlangt wohl mit vollem Rechte, dass jeder Chemiker unbedingt nach dieser Richtung sich ausbilden müsse, um sich den Gebrauch der physikalischen Methoden zu erschliessen.

Auf die Veranschaulichung des Vorgetragenen durch Figuren ist vollkommen verzichtet, dagegen dienen zahlreiche, den Quellen entnommene Zahlenangaben und Tabellen zur Charakterisirung der besprochenen Thatsachen. Leider fehlen aber vollkommen die Literatur-Angaben. Diesbezügliche Hinweise wären doch gewiss manchem, der sich durch das Studium des Buches tiefer in die Elektrochemie einführen lassen will, sehr willkommen gewesen. Bei der theoretischen Behandlung sind in erster Linie und fast ausschliesslich die Methoden der Thermodynamik zur Anwendung gekommen und zwar in der von M. Planck



ausgebildeten Darstellungsweise. Es kam dem Verf. darauf an, die grosse Fruchtbarkeit der Arrhenius'schen Theorie der elektrolytischen Dissoziation in Verbindung mit der des osmotischen Druckes nachzuweisen. Dabei berührt es angenehm, dass Verf. auch solche Thatsachen anführt und bespricht, die auf dem Boden der genannten modernen Theorie noch nicht genügende Erklärung gefunden haben. Da er selbst schon seit längerer Zeit durch experimentelle Arbeiten sich am Ausbau der Elektrochemie betheiligt hat, lag dies dem Verf. auch besonders nahe.

In 5 Abschnitten wird der gesammte Stoff besprochen; während der erste „die Grundgesetze der Elektrochemie" behandelt (das Ohm'sche Gesetz ist wohl nicht besonders glücklich eingeführt), stellt der zweite „die Theorie der elektrolytischen Dissoziation und einige ihrer wichtigsten Folgerungen" dar. Hier hätten wohl S. 151 die Versuche von Kümmell berücksichtigt werden können, die die Frage der Hydroxyd-Bildung in sehr verdünnten Lösungen in neuem Lichte erscheinen lassen. Die Abschnitte 3 und 4 besprechen „die Wandlungen der Energie bei elektrochemischen Vorgängen" und „die galvanische Polarisation" durchweg an der Hand der Planck'schen Thermodynamik, während der 5. „die Zersetzung der wichtigsten chemischen Verbindungen durch den Strom und einige Anwendungen der Elektrolyse" behandelt, ein Gebiet, auf dem in besonders hohem Grade neue, namentlich experimentelle Untersuchungen sich als wünschenswerth erweisen. *Wg.*

M. Frank, Das thermo-elektrostatische Potential. Untersuchungen über die Art der Beziehungen zwischen Wärme und Elektrizität. gr. 8°. 49 S. München, J. A. Finsterlin, Nachf. 1,50 M.

J. Klemenčič, Ueber den Energieverbrauch bei der Magnetisirung durch oszillatorische Kondensatorentladungen. (Aus: „Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss."). Lex.-8°. 23 S. m. 1 Fig. Wien, C. Gerold's Sohn in Komm. 0,60 M.

E. Lecher, Ueber das magnetische Kraftfeld e. v. elektrischen Schwingungen durchflossenen Spirale. (Aus: „Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss."). Lex.-8°. 7 S. m. 4 Fig. Wien, C. Gerold's Sohn in Komm. 0,40 M.

F. Rosenberger, Isaac Newton u. seine physikalischen Prinzipien. Ein Hauptstück aus der Entwickelungsgeschichte der modernen Physik. gr. 8°. VI, 536 S. m. 25 Abbildungen. Leipzig, J. A. Barth. 13,50 M.

J. Landauer, Die Spektralanalyse. gr. 8°. VIII, 174 S. m. 44 Holzschn. u. 1 Spektraltafel. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn. 4,00 M.

Notiz.

Die historischen Anmerkungen, die die Herren Prof. Dr. Kunze in Tharandt und Schadewell in Gotha zu meinen „Bemerkungen zur Praxis des Polarplanimeters" (*d. Zeitschr.* ***15.*** *S. 94 bis 96. 1895*) gemacht haben, (*ebenda S. 156, 352; 232*) und auf die ich erst jetzt aufmerksam gemacht werde, lassen vielleicht für Manchen die Notiz nicht überflüssig erscheinen, dass mir nichts ferner gelegen hat, als dem verstorbenen Mechaniker A. Ott die „Erfindung" des Fahrpunkts an Stelle des Fahrstifts oder gar nur die „Erfindung" der Verwendung einer Lupe dabei zuschreiben zu wollen; ich sage ja im Text (S. 94) ausdrücklich, „dass ähnliche Vorrichtungen *schon vor längerer Zeit* vielfach auch in Europa benutzt worden sind", und wollte mit Anführung des Ott'schen Planimeters nur das namhaft machen, was ich aus eigenem Gebrauch kannte. Die Mittheilungen von Herrn Prof. Kunze in den S. 156 angeführten Veröffentlichungen habe ich allerdings nicht gekannt, da ich keine Veranlassung habe, forstwissenschaftliche Publikationen zu lesen. Uebrigens wäre, wenn man die Geschichte des Fahrpunkts verfolgen wollte, eine grosse Zahl von Männern zu nennen, von denen die meisten selbst auf die naheliegende Sache gekommen sein werden.

Stuttgart, 8. Januar 1896. *Hammer.*

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Redaktionskuratorium:
Geh. Reg.-Rath Prof. Dr. **H. Landolt,** Vorsitzender, Prof. Dr. **A. Westphal,** geschäftsführendes Mitglied,
Prof. Dr. **E. Abbe,** **H. Haensch,** Dr. **H. Krüss.**

Redaktion: Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XVI. Jahrgang. **März 1896.** Drittes Heft.

Die selbstthätige Quecksilberluftpumpe von Kahlbaum,

verbessert und für die Zwecke der Blutgasanalyse eingerichtet.

Beschrieben von
Dr. **Oskar Zoth.**
(Mittheilung aus dem Physiologischen Institute der Universität Graz.)

Nachdem der Glasbläser Herr Gustav Eger in Graz schon während einer Reihe von Versuchen, die mit der selbstthätigen, stetig wirkenden Quecksilberluftpumpe von Georg W. A. Kahlbaum im physikalischen Laboratorium der hiesigen technischen Hochschule angestellt worden waren, einige wesentliche Abänderungen und Verbesserungen ersonnen und zur Ausführung gebracht hatte, unternahm er es im Sommer 1894 auf Anregung und Rath des Herrn Hofrathes Professor Alexander Rollett in Graz, die Kahlbaum'sche Pumpe so umzugestalten, dass es möglich wurde, die ausgepumpten Gase auch aufzufangen, wodurch die Verwendbarkeit dieses ausgezeichneten Laboratoriumsapparates bedeutend erweitert und derselbe vor allem auch für physiologische Zwecke, speziell als Blutgaspumpe, verwerthbar wurde. Diese Aufgabe ist in sehr einfacher Weise befriedigend gelöst worden.

Die von Kahlbaum bereits im Jahre 1888 konstruirte, am 15. September 1891 patentirte Pumpe (D.R.P. Nr. 63631) beruht bekanntlich auf zweckmässiger Vereinigung des Sprengel'schen Prinzipes des fallenden, Luft mitreissenden Quecksilbers mit dem Prinzipe der Hebung des gefallenen Quecksilbers durch die Saugwirkung einer Wasserstrahlpumpe in Form einer *mit Luftblasen durchsetzten* Quecksilbersäule über Barometerhöhe und theilweiser Entgasung dieses Quecksilbers durch die Wirkung ebenderselben Pumpe vor der Wiederbenutzung; die Reste von Luft werden in passenden Luftfängen zurückgehalten. Das Prinzip der Hebung von Quecksilber in den luftverdünnten Raum über Barometerhöhe durch Einschaltung von Luftblasen ist jedoch schon früher von Šantel[1]) beschrieben gewesen. Bei der zu beschreibenden Pumpe sind die beiden erwähnten Prinzipien der Kahlbaum'schen Pumpe vollkommen unangetastet geblieben. Dieselbe ist in ihren Neuerungen von Herrn G. Eger in Deutschland und Oesterreich zum Patent angemeldet und war zum ersten Male in der Ausstellung anlässlich der 66. Versammlung Deutscher Naturforscher und Aerzte in Wien (Ende September 1894) zur öffentlichen Besichtigung aufgestellt; in der physiologischen Abtheilung wurde sie am 28. September von Herrn Hofrath Rollett als Blutgaspumpe in Thätigkeit vorgeführt.

Ich glaube mit Rücksicht auf die Klarheit der Darstellung, anstatt die Verbesserungen und Abänderungen der Reihe nach anzuführen, welche an der von Kahlbaum

[1]) A. Šantel, Eine Quecksilberluftpumpe, *diese Zeitschrift 13. S. 93. 1893;* Jahresbericht des Görzer Gymnasiums vom Jahre 1883.

seiner Zeit beschriebenen und abgebildeten Pumpe[1]) angebracht worden sind, besser zu thun, die Pumpe in ihrer jetzigen vervollkommneten Form unter besonderem Hinweise auf die Abweichungen vom Kahlbaum'schen Modelle zu beschreiben. Einige Abbildungen werden die Beschreibung unterstützen.

Die Fig. 1 (am Ende der Abhandlung) giebt eine Gesammtansicht der Pumpe im Maassstabe von 1 : 12,5 nach einer Photographie.

An einem aus dünnen Eisenschienen und passenden Holzeinsätzen bestehenden 180 *cm* hohen und 50 *cm* breiten Gestelle *AA*, das auf einem wannenförmigen Untersatze aus Holz *BB*, zum Sammeln etwa abfallenden Quecksilbers, aufgebaut und auf Rollen *C* leicht fortzubewegen ist, sind die Bestandtheile der Pumpe durch einfache Vorstecker befestigt, die ein rasches Montiren und Auseinandernehmen des Apparates ermöglichen. Die besondere Befestigungsart der Pumpe am Gestelle ist zum Patent angemeldet.

Am unteren Einsatzbrette *DD* ist in passender Weise das mit einem Ablaufhahn *E* versehene Quecksilber-Sammelgefäss *F* angebracht, das durch ein mit schwefelsäuregetränkten Bimssteinstückchen gefülltes U-Rohr *G* mit der äusseren Luft in Verbindung steht. Dieses Quecksilber-Sammelgefäss ist neu und vertritt die von Kahlbaum an seiner Pumpe angebrachten *zwei* Sammelgefässe, die durch einen Schlauch mit einander verbunden sind. Die Einrichtung des neuen Sammelgefässes ist aus dem in Fig. 2 dargestellten Schnitt ersichtlich.

In dem unteren verengten Theile des Gefässes befindet sich das Quecksilber, in das durch die drei Tuben des eingeschliffenen Glasdeckels drei Glasrohre herabreichen, und zwar zwei, das „Steigrohr" und das „Fallrohr", bis nahe an den Boden des Gefässes, das dritte „Ueberfallrohr" nur bis nahe an die Quecksilberoberfläche, wo es innerhalb eines weiteren, frei im Gefässe stehenden, in der Mitte etwas kugelig aufgeblasenen Rohrstückes endigt. In den oberen erweiterten Theil der Sammelflasche ragt der untere so weit vor, dass eine ringförmige Wanne *JJ* entsteht, die nach Abnahme des Trockenrohres *G* durch ein zweifach gebogenes Trichterrohr leicht mit konzentrirter Schwefelsäure gefüllt und auf demselben Wege auch entleert werden kann.

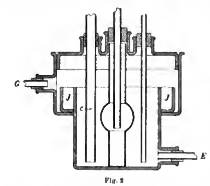


Fig. 2

Aus der Quecksilber-Sammelflasche steigt durch den Tubus links (Fig. 1 und 2) das als „Steigrohr" bezeichnete Rohr *ab* von 10 *mm* Weite, welches innerhalb der Flasche bei *c* (Fig. 2) etwa 3 bis 4 *cm* über der Quecksilberoberfläche eine kleine seitliche Oeffnung von etwa 0,5 bis 0,8 *mm* Durchmesser besitzt, bis zum oberen Rande des Gestelles links an der Pumpe auf und mündet, bei *b* unter spitzem Winkel umbiegend, seitlich in das weitere Sammelrohr *T*. Aus dem oberen Ende dieses führt ein rechtwinklig abgebogenes Rohrstück zu dem Dreiweghahn H_1. Durch diesen kann einerseits mittels des Schlauches *de* das Sammelrohr *T* und damit auch das Steigrohr *ab* mit einer einfachen Sprengel'schen Wasserstrahlpumpe, andererseits aber

[1]) Georg W. A. Kahlbaum, Selbstthätige, stetig wirkende Quecksilberluftpumpe für chemische Zwecke, *Ber. der Deutschen chem. Gesellschaft* **27.** *S. 1386. 1894.* Vgl. auch: *Chemiker-Zeitung 1892, Nr. 88* und *diese Zeitschrift* **13.** *S. 73. 1893.*

auch der zu evakuirende Pumpenraum unmittelbar mit der Wasserstrahlpumpe verbunden werden. Dieses letztere geschieht durch das Schlauchstück *fg* und den unter Quecksilberabschluss stehenden Hahn H_3, der bei der Stellung des Ansatzes bei *g* nach rechts geöffnet, nach links geschlossen ist. In den Verlauf der Schlauchleitung *de* wird zweckmässig eine kleine Sicherheitsflasche mit doppelt durchbohrtem Pfropfen eingeschaltet, die ein Aufsteigen von Wasser in die Räume der Quecksilberluftpumpe bei irgendwelcher Störung im Gange der Wasserstrahlpumpe verhindert.

Nach unten führt aus dem Sammelrohr *T* das Rücklaufrohr *hi*, von gleicher Weite wie das Steigrohr, zu der Ueberfallvorrichtung *ik*, in welche es in der durch Fig. 3 dargestellten Weise bei *i* einmündet.

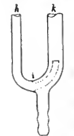


Fig. 3.

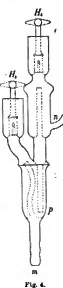


Fig. 4.

Aus der oberen kugelförmigen Erweiterung bei *k* (Fig. 1) führt das Ueberfallrohr *kl* durch den mittleren Tubus in das Quecksilber-Sammelgefäss *F*, wo es in der früher beschriebenen Weise endigt. Diese Ueberfallvorrichtung ist neu angebracht und macht, wie sich später aus der Betrachtung des Funktionirens der Pumpe ergeben wird, die sonst nothwendige Regulirung der Wasserstrahlpumpe ganz entbehrlich. Vom tiefsten Punkte des U-förmigen Rohrstückes *hik* führt nun der bei *L* durch einen Quetschhahn abzuklemmende Schlauch *im* zu den Luftfängen *M*, aus denen das Heberrohr *no* zu der Sprengel'schen Pumpe *N* leitet. Die Anordnung dieser Luftfänge ist aus Fig. 4 ersichtlich und leicht verständlich.

Die unterhalb der durch Quecksilber gedichteten Hahnschliffe H_3 und H_4 sich ansammelnde Luft kann durch einfache Drehung der schräg gebohrten Hähne mittels korrespondirender Oeffnungen in den Hahnhülsen vollständig entleert werden. Diese besondere Einrichtung, sowie die vereinfachte Konstruktion der Luftfänge, die mit sehr geringem Quecksilberbedarf arbeiten, sind ebenfalls neu. Die zur Ueberführung des Quecksilbers in die übrigen Theile der Pumpe bestimmten Rohrstücke reichen, wie schon der untere Ansatz an der Ueberfallvorrichtung bei *i*, die zugleich als erster Luftfang wirkt, stets in den tiefsten Theil der betreffenden Gefässe (*n, p* in Fig. 4), während die quecksilberzuführenden Röhren höher oben einmünden.

Die Sprengel'sche Pumpe *N*, der das Quecksilber durch *no* zugeleitet wird, besteht aus dem Saugstücke bei *N* und dem 104 *cm* langen engen Fallrohre *Nq*, das U-förmig aufgebogen in der Glasbirne *O* mit einem kurzen aufsteigenden Schenkel endigt (Fig. 5). Aus *N* führt das Rohr NS_1 zu den zu evakuirenden, rechts an der Pumpe angebrachten Gefässen. An diesem Verbindungsrohr ist zunächst mittels eines mit Quecksilber gedichteten Schliffes S_2 die Barometerprobe *P* angesetzt, ferner ebenso bei S_3 ein Mc Leod'sches Vakuummeter[1]) (von Kahlbaum „Volumometer"[2]) genannt) *Q* angebracht, dessen Reservoir *R* mittels der Kurbel *K* an zwei Führungsstangen *rs* gehoben und gesenkt werden kann. Das Vakuummeter unterscheidet sich von dem von Kahlbaum a. a. O. beschriebenen, mit seiner Pumpe nicht fest und durch Schliffe

[1]) Mc Leod, *Apparatus for Measurement of Low pressures of Gas, Philos. Mag.* **48.** *S. 110. 1874.*
[2]) Bemerkungen zu dem Mc Leod'schen Volumometer, *diese Zeitschrift* **15.** *S. 191. 1895.*

verbundenen im Wesen nur durch die kleinere Kugel bei Q. Diese hat sammt der Kapillare bei der zu unseren Versuchen verwendeten Pumpe ein Volumen

$$V = 191{,}65\ cm^3.$$

Die Kapillare ist kalibrirt, und zwar entspricht bei einem Querschnitte von rund 0,6 mm^2

einer Länge von	das Volumen v
3,2 *mm*	1,916 mm^3
6,4 „	3,833 „
32,1 „	19,16 „
64,3 „	38,33 „
80,3 „	47,90 „
87,0 „	54,76 „
92,0 „	55,20 „

Diese Volumina sind so gewählt, dass das Verhältniss $v : V$ der Reihe nach ist

1 : 100000
1 : 50000
1 : 10000
1 : 5000
1 : 4000
1 : 3500
1 : 3471,2

Da Druckdifferenzen bis 120 *mm* abgelesen werden können, ergiebt sich ein Umfang der Ablesungen mit diesem Vakuummeter zwischen 0,035 und 0,00001 *mm*. Diese Einrichtung ist mehr als ausreichend für die Zwecke der Blutgaspumpe, bei welcher die hohen Grade von Verdünnung nur von untergeordneter Bedeutung sind. Hingegen bildet das Vakuummeter ein vortreffliches und feines Hülfsmittel, etwaige Undichtigkeit der Pumpe alsbald zu erkennen, indem schon bei dem geringsten Fehler, der vielleicht ein Steigen der Barometerprobe um 0,5 bis 1 *mm* in 24 Stunden bedingen würde, die Verdünnung nicht mehr so weit gebracht werden kann, dass die Vorrichtung funktioniren würde.

Mittels des Schliffes S_1 ist an das zur Sprengel'schen Pumpe führende Rohr $S_1 N$, durch einen Seitenarm des Gestelles gehalten, zunächst ein Trockenapparat U angesetzt, welcher mit schwefelsäuregetränkten Bimssteinstückchen gefüllt ist und durch die Hähne H_5 und H_6 abgeschlossen werden kann. In dem unteren Querstück sammelt sich die abtropfende Flüssigkeit und kann durch den seitlich angesetzten Tubus entleert werden. In ebendenselben wird vor den Versuchen ein langes Trichterrohr eingesetzt und durch dieses bei geöffneten Pumpenräumen der ganze Bimsstein einige Stunden unter frische Schwefelsäure gebracht. Anstatt des Trockenapparates U ist es, namentlich wenn die Entgasung grösserer Flüssigkeitsmengen bei höheren Temperaturen vorgenommen werden soll, räthlich, zwei Apparate hintereinander oder den von mir demnächst im *Beiblatt* zu beschreibenden Riesel-Trockenapparat anzubringen. Vom rechten Schenkel des Trockenapparates führt ein rechtwinklig nach abwärts gebogenes Rohr zum Schliffe S_4, an den der Blutrezipient V, der dem von Raps und Kossel[1]) verwendeten nachgebildet ist, mit seinen Zubehörtheilen angeschlossen wird. Der Rezipient ist an einem Seitenarme des Gestelles leicht verschiebbar und beweglich angeordnet. Er besteht aus einer starken Glasflasche von zwei

[1]) A. Raps und A. Kossel, Selbstthätige Blutgaspumpe, *diese Zeitschrift* **13.** *S. 143. 1893.*

Liter Inhalt mit flachem Boden, deren mittels des Schliffes S_5 eingesetzter Pfropfen die beiden Schaumkugeln W trägt. Durch die untere derselben geht das mit dem Schliffe S_6 versehene Blutzuflussrohr bis nahe an den Boden der Flasche, wo es mit einer eiförmigen, siebartig durchlöcherten Auftreibung endigt. An den Schliff S_6 wird eine Geppert'sche Blutpipette[1] X angesetzt. Kann das Füllen derselben nicht an der Pumpe erfolgen, so wird bei S_6 zweckmässig ein Hahn angebracht, sodass es möglich ist, die Pumpenräume bis an diesen Hahn schon zu Beginn des Versuches zu evakuiren.

Es erübrigt nun nur noch die Beschreibung der neuen *Gassammelvorrichtung*, die in Fig. 5 in $^1/_6$ der natürlichen Grösse schematisch dargestellt ist.

Die nach unten durch den Hahn H_7 abzuschliessende Glasbirne O, in der das Fallrohr der Sprengel'schen Pumpe Nq in der oben (S. 67) beschriebenen Weise U-förmig aufgebogen endigt, läuft aufwärts konisch in das Gasabzugrohr tu aus, das durch den nicht zu eng gebohrten Hahn H_8 mit dem in den Hals der Quecksilberwanne Y bei S_7 eingeschliffenen Eudiometer Z verbunden werden kann. Anstatt des Eudiometers kann auch ein mit oberem Abzughahne versehenes, nicht getheiltes Gassammelrohr verwendet werden. Unterhalb des Hahnes H_7 führt das Quecksilber-Abflussrohr vx als indirekte Fortsetzung des Fallrohres Nq durch den rechten Tubus in das Quecksilber-Sammelgefäss (vgl. Fig. 1 und 2) zurück.

Das *Füllen* der Pumpe mit Quecksilber geschieht durch den Luftfang bei H_4 bei geöffnetem Hahne L, bis genügend Quecksilber durch kl nach F übergelaufen ist; dann wird L geschlossen und Lm sowie die Luftfänge werden voll aufgefüllt und hierauf die Hähne H_3 und H_4 geschlossen. Zur Füllung der ganzen Pumpe sammt Vakuummeter, das vom Reservoir R aus gefüllt wird, sind nur etwa 800 bis 900 *ccm* (ca. 12 *kg*) Quecksilber erforderlich.

Fig. 5.

Entleert wird das Quecksilber aus der Pumpe durch Oeffnen der Hähne H_8, H_4 und L zur Entleerung von M, hierauf Abnahme des Schlauches bei m zur Leerung von hik, endlich Oeffnen von E zur Entleerung von F.

Um die Pumpe *in Gang zu setzen*, wird H_1 vertikal, mit der T-Bohrung gegen d, gestellt und H_2 durch Drehen nach rechts geöffnet, sodass die zu evakuirenden Pumpenräume zunächst mit der Wasserstrahlpumpe verbunden sind. H_7 wird geöffnet, während H_6 und der Quetschhahn geschlossen sind. Nun wird die Wasserstrahlpumpe wirken gelassen und die Pumpenräume entleeren sich rasch, während im Fallrohre der Sprengel'schen Pumpe und im Barometerrohre des Vakuummeters das Quecksilber emporsteigt und die Barometerprobe entsprechend sinkt. Wenn dies nur mehr ganz langsam geschieht, kann die *Quecksilberluftpumpe* in Thätigkeit gebracht werden. Zu diesem Zwecke wird H_2 durch Drehen nach links geschlossen und darauf H_1 horizontal gestellt, sodass nun d mit T kommunizirt. Unter der Saugwirkung der Wasserstrahlpumpe beginnt rasch das Quecksilber aus F in ab, reichlich mit Luftblasen durchsetzt, die durch die kleine Seitenöffnung von ab bei c (Fig. 2) eingesaugt werden, aufzusteigen und sprudelt stossweise in das Sammelrohr T, wo ein grosser

[1] J. Geppert, Die Gasanalyse und ihre physiologische Anwendung. Berlin 1885. S. 62.

Theil der mitgenommenen Luft sogleich durch die Wasserstrahlpumpe abgeführt wird. Das sich sammelnde Quecksilber gelangt durch das Rückflussrohr *hi* in die Ueberfallvorrichtung *ik* und fliesst zunächst durch *kl* nach *F* zurück. Wenn dies einmal eingetreten ist, wird *L* geöffnet; jetzt gelangt ein Theil des Quecksilbers vom tiefsten Punkte des Rohres *ik*, schon sehr frei von Luft, die nach *k* aufstieg, durch den Schlauch *im* zu den Luftfängen *M*, die die letzten Reste von Luft zurückhalten. Währenddem wirkt die Ueberfallvorrichtung fort; läuft viel Quecksilber zu, so läuft eben vieles durch *kl* ab, wird sehr wenig von der Wasserstrahlpumpe angesaugt, so kann das Ueberlaufen ganz aufhören, während der Abfluss zu den Luftfängen und durch *no* zu der Sprengel'schen Pumpe fortdauert. Von *o* fällt das Quecksilber in stetigem Strahle durch *N* in das Fallrohr *Nq* und reisst die Luft aus den Vakuumräumen in Form von anfangs grossen, später immer feineren Blasen nach abwärts mit. Es ist zweckmässig, den Quetschhahn *L* nur so weit zu öffnen, dass sich über dem Einflussrohre der Sprengel'schen Pumpe nur ein kleiner Trichterwirbel von einigen Millimeter Höhe bildet; das Auspumpen geht so rascher vor sich, als wenn sich, bei reichlichem Zuflusse, eine 3 bis 4 *cm* hohe Quecksilbersäule über *N* staut, und es lassen sich höhere Verdünnungsgrade erzielen. Ueberhaupt kann dieser Quetschhahn vortheilhaft zur Regulirung der Schnelligkeit des Auspumpens verwendet werden.

Die von der Sprengel'schen Pumpe nach abwärts beförderte Luft verdrängt sehr bald das am Anfange des Versuches in *O* aufgestiegene Quecksilber, und nun quillt, mit Luftblasen durchsetzt, das Quecksilber aus dem U-förmig aufgebogenen Ende des Fallrohres frei in *O* auf, um durch das Abflussrohr *vx* (Fig. 5) mit der überschüssigen Luft in *F* hinabzusinken. Gegen Ende der Evakuirung werden die mitgerissenen Luftbläschen immer feiner und feiner, und das im Fallrohr fallende Quecksilber erzeugt schon bei dem Grad der Verdünnung, bei welchem die Barometerprobe nicht mehr brauchbar zu werden beginnt, ein hartes, laut plätscherndes Geräusch. Der vorhandene Druck kann anfangs an der Barometerprobe *P*, am Ende der Evakuirung am Vakuummeter *Q* abgelesen werden, indem zu diesem Zwecke dessen Quecksilberreservoir *R* mittels der Kurbel *K* entsprechend gehoben wird.

Die Quecksilberpumpe kann für sich in jedem Momente durch einfaches Schliessen von *L* *abgestellt* werden. Sicherer ist es, soll dies auf längere Zeit geschehen, vorher in der sogleich zu beschreibenden Art das untere Ende des Fallrohres unter Quecksilber zu stellen. Die Wasserstrahlpumpe wirkt indessen fort, jedoch fliesst jetzt alles gehobene Quecksilber durch *kl* nach *F* zurück. Soll die ganze Pumpe abgestellt werden, so wird zunächst H_8 langsam geöffnet und dann H_7 geschlossen. Nun füllt sich *O* rasch mit Quecksilber, das schliesslich bis über H_8 ansteigt. In diesem Augenblicke wird H_8 geschlossen und *gleichzeitig* H_7 geöffnet. Hierauf erst wird der Quetschhahn *L*, darnach der Glashahn der Wasserstrahlpumpe und endlich der Wasserleitungshahn geschlossen.

Das *Auffangen ausgepumpter Gase* kann in zweierlei Weisen bewerkstelligt werden, entweder so, dass man Bläschen für Bläschen aus *O* ins Eudiometer *Z* aufsteigen lässt, oder so, dass man grössere Portionen der Gase in *O* ansammelt und sie dann erst ins Eudiometer überführt. Wir wollen annehmen, die sorgfältig evakuirte Pumpe sei in der früher beschriebenen Weise abgestellt, und es solle nun die Entgasung einer Flüssigkeit vorgenommen werden, die sich in der Geppert'schen Blutpipette *X* befände. Zunächst wird die Quecksilberluftpumpe in Gang gesetzt, nachdem das mit Quecksilber gefüllte Eudiometer *Z* unter der gleichen Sperrflüssigkeit über dem geschlossenen Hahne H_8 in der Wanne *Y* fest in den Schliff S_7 von deren Hals (Fig. 5) eingesetzt worden ist. Sowie die Blutpipette gegen den Rezipienten geöffnet wird,

stürzt die darin enthaltene Flüssigkeit unter dem Drucke der sich sogleich entwickelnden Gase in jenen und spritzt durch die Löcher des Zuflussrohres nach allen Seiten auf den flachen Boden und die Wand der Flasche, wo sie sich in dünner Schicht ausbreitet. Die entwickelten Gase, deren Entbindung durch Eintauchen des Rezipienten in ein warmes Wasserbad befördert werden kann, gelangen in U getrocknet zur thätigen Sprengel'schen Pumpe und sammeln sich in O an, so lange H_8 geschlossen bleibt. Wird H_8 geöffnet, so steigen sie ins Eudiometer auf, und man kann, indem H_8 offen bleibt, Bläschen für Bläschen, die sich in der Kuppe von O sammeln, ohne Aufenthalt aufsteigen lassen, oder aber, indem man H_8 zeitweise schliesst, die Gase in O sich sammeln lassen und portionenweise entleeren. Dieses letztere Verfahren empfiehlt sich gegen Ende des Versuches, wo sich sonst die letzten feinen Bläschen nicht vereinigen und an der Wand von O haften bleiben. Man hat dabei nur darauf zu achten, dass bei sehr reichlicher Gasentwicklung das Quecksilber in O nicht etwa bis unter den Hahn H_7 sinkt, der stets offen bleibt.

Die *Wirksamkeit der Pumpe* wurde an einem dem physiologischen Institute in Graz gehörigen Original-Modelle erprobt. Da dieselbe nicht unwesentlich von der Wirkung der zum Betriebe verwendeten Wasserstrahlpumpe abhängt, ist es nothwendig, über diese einige Daten vorauszuschicken. Die einfache Sprengel'sche Saugpumpe mit Glashahn im Saugrohre, von G. Eger hergestellt, war an einen Zuflusshahn der Wasserleitung von 18 *mm* Weite mittels Holländers angesetzt. Am Hahne wurde ein Druck von 3,8 bis 4 Atmosphären bestimmt. Bei einem Wasserverbrauch von 11 bis 12 Liter in der Minute saugt diese Pumpe ungefähr ebenso viel möglichst frei zuströmende Luft und evakuirt bis auf 12 *mm* verbleibenden Druck.

Die Erprobung der Wirksamkeit der neuen Blutgaspumpe erstreckte sich zunächst auf die Geschwindigkeit ihrer Leistung und den erreichbaren Verdünnungsgrad. Ferner kam die Haltbarkeit des Vakuums und die spezielle Verwendung für die Blutentgasung in Betracht. Um die Zeitdauer der Evakuirung beurtheilen zu können, muss man den Rauminhalt der auszupumpenden Räume bestimmen. Diese Bestimmung erfolgte durch Aspiration der Luft aus einem Aspirator ins Vakuum der Pumpe und ergab:

Rezipient vom Hahne der Geppert'schen Pipette bei S_6 bis zum Hahne H_8 des Trockenapparates . . . . 2080 cm^3

Pumpenräume sammt Trockenapparat, Gassammelvorrichtung und Vakuummeter, begrenzt durch H_6, o, H_8 und x (Fig. 5). . . . . 550 cm^3

Zusammen 2630 cm^3.

Da in dieses Volumen auch der ganze Raum von O mit einbezogen ist, der jedoch nur ganz zu Beginn des Versuches theilweise und später, wenn einmal das Quecksilber in das Fallrohr gestiegen ist, über dem U-förmig aufgebogenen Ende von Nq gar nicht mehr ausgepumpt wird, muss eine Korrektion für den Raum in O über der Mündung des Fallrohres angebracht werden. Der Raum von O zwischen H_7 und H_8 mehr dem bei q bis zur Höhe von H_8 aufgestiegenen Quecksilber kann durch Einfüllen dieses bei H_8 bestimmt werden. Er beträgt 58,5 cm^3, der Raum von H_7 bis zur Mündung des Fallrohrs 18,5 cm^3, somit die Differenz 40 cm^3 für den Raum in O über der Mündung des Fallrohres mehr dem Inhalte dieses von der Höhe der Mündung bis zur Höhe von H_8. Diesen Raum und die anfängliche Verdünnung in O bis auf etwa $^2/_3$ Atmosphäre in Betracht ziehend, kann man den Gesammtinhalt der auszupumpenden Räume mit rund 2600 cm^3 anschlagen.

Ueber die Zeitdauer der Evakuirung und den erreichbaren Verdünnungsgrad giebt der Verlauf von Versuchen Aufschluss, bei denen in regelmässigen Zeiträumen Bestimmungen des Druckes vorgenommen werden; ein solcher Versuch aus einer Reihe ähnlicher ist in seinem Verlaufe durch die nachstehende Uebersicht dargestellt.

Versuch I

Die Pumpe evakuirt bis zum unteren Hahne der Geppert'schen Pipette.
30. Oktober 1895. Barometer 731 *mm*. Temperatur 16,5°.

Zeit	Dauer Min.	Druck *mm*	Zeit	Dauer Min.	Druck *mm*
2h 0m N.	0	731[1])		45	0,034[4])
	1	140	3h	60	0,0066
	5	17[2])		75	0,0024
	10	8		90	0,0013
	15	3		105	0,0011
	20	1,5	4h	120	0,00085[5])
	25	0,5		150	0,00085
2h 30m	30	— [3])	5h	180	0,00085[6])

[1]) Die Wasserstrahlpumpe wird in Thätigkeit gesetzt.
[2]) Die Sprengel'sche Pumpe wird in Gang gesetzt.
[3]) Die Barometerprobe ist nicht mehr verwendbar.
[4]) Vakuummeter, erste Ablesung.
[5]) Das Minimum ist erreicht.
[6]) Der Druck lässt sich nicht weiter erniedrigen.

Binnen 30 Minuten ist also so weit evakuirt, dass die Barometerprobe auf Null zeigt. Freilich kommt viel hiervon auf Kosten der kräftigen Wasserstrahlpumpe, die in den ersten fünf Minuten schon über 2,5 Liter Luft abgesaugt hat, sodass für die Sprengel'sche Pumpe nur mehr etwa 60 *cm*³ übrig bleiben. In 45 Minuten kann das Vakuummeter zum erstenmale abgelesen werden und nach einer Stunde sind nur noch einige Kubikmillimeter Luft (auf Atmosphärendruck berechnet) in der Pumpe. In zwei Stunden ist die grössterreichbare Verdünnung abzulesen, die im vorliegenden Versuche, bei dem die Pumpe frisch ausgepumpt wurde, bei 8 Zehntausendstel Millimeter lag. Wird nach längerem Stehen wiederholt ausgepumpt, so können Verdünnungen bis zu 0,0001 *mm* erzielt werden. Dies entspricht dem Partialdrucke der noch in den Pumpenräumen enthaltenen Luftmenge von wenigen Kubikmillimeter (Atmosphärendruck). Der absolute Druck lässt sich, wie schon Bessel-Hagen[1]) hervorhob, nicht unter die Tension des Quecksilberdampfes herabsetzen, für die allerdings nicht ganz übereinstimmende Grössen bestimmt und berechnet worden sind, wie die folgende Zusammenstellung zeigt.

Tension des Quecksilberdampfes in *mm*.

bei	Regnault[2])	Bessel-Hagen[3])	Hertz[4])	Ramsey u. Young[5])
0°	0,0200	0,0148	0,00019	—
10°	0,0268	—	0,0005	—
20°	0,0372	0,0201	0,0013	—
40°	0,0767	—	0,0063	0,0008

[1]) E. Bessel-Hagen, Ueber eine neue Form der Töpler'schen Quecksilberluftpumpe und einige mit ihr angestellte Versuche, *Wied. Ann.* **12.** *S. 441. 1881.* Vgl. auch K. Kiss, Die Schuller'sche automatische Quecksilber-Luftpumpe, *diese Zeitschrift* **15.** *S. 69. 1895.*

[2]) *Mém. de l'Acad. des Sciences,* **26.** *S. 339. 1862.*

[3]) *Wied. Ann.* **12.** *S. 441. 1881.*

[4]) *Wied. Ann.* **17.** *S. 193. 1882.*

[5]) *Journ. of the Chemic. Soc.* **49.** *S. 37. 1886.*

Es kann unter Umständen erforderlich erscheinen, die Menge der bei einem bestimmten Drucke noch in der Pumpe verbliebenen Gase annähernd zu bestimmen, um darnach etwa eine Korrektion an der Endiometerablesung vorzunehmen, wenn das Auspumpen nicht bis zur Verdünnungsgrenze fortgesetzt werden soll. Diese Menge ist

$$C = \frac{V}{A} \cdot d,$$

oder reduzirt auf 0° und 760 *mm* Druck

$$C_1 = \frac{V}{1+0{,}00367\ t} \cdot \frac{d}{760},$$

worin V den vom Gase erfüllten Pumpenraum, d den abgelesenen Druck und t die Temperatur des Gases bedeuten.

V ist offenbar kleiner als der oben bestimmte Gesammt-Pumpenraum und zwar um

1. das Volumen von O . . . . 58,5 *cm*³
2. das Volumen des 3,8 *mm* weiten Fallrohres von der Höhe von H_6 bis zur Barometerstandshöhe 440 *mm* . . . . 5,0 *cm*³
3. das Volumen des 3,5 *mm* weiten Barometerrohres des Vakuummeters vom Niveau des Quecksilbers im Reservoir bis zur Barometerstandshöhe 730 *mm* . . . . 7,0 *cm*³

Zusammen 70,5 *cm*³.

Es verbleibt somit für V

$$2630 - 70{,}5 = 2559{,}5\ cm^3$$

oder rund 2560 *cm*³. Von der so gefundenen Grösse C muss dann noch das dem Drucke d_1 zu Beginn des Versuches entsprechende Gasvolumen abgerechnet werden, sodass sich die schliessliche Korrektion ergiebt

$$C = \frac{V}{A}\,(d-d_1),$$

beziehungsweise

$$C_1 = \frac{V}{1+0{,}00367\ t} \cdot \frac{(d-d_1)}{760}.$$

Diese Grösse ist nicht ganz unbedeutend, sobald d nicht schon sehr klein ist, und beträgt zum Beispiel für $d_1 = 0{,}0008\ mm$ und $A = 730\ mm$ unter der Annahme des obigen Volumens $V = 2560\ cm^3$ noch bei $d =$

0,5 *mm*	. . . .	1747 *mm*³
0,1 „	. . . .	347 „
0,05 „	. . . .	172 „
0,01 „	. . . .	32 „
0,005 „	. . . .	15 „ .

Ueber die *Haltbarkeit des Vakuums* geben nachstehende zwei Beobachtungsreihen (a. f. S.) Auskunft.

Die Haltbarkeit des Vakuums ist natürlich in hohem Grade von dem guten Schluss der Schliffe, insbesondere S_1, S_4, S_5, S_6 und der Hähne H_5, H_6 der Pumpe, sowie der Geppert'schen Pipette abhängig, die sämmtlich gut gereinigt und geschmiert[1]) sein müssen. Vor allem ist auf S_4 besonderes Augenmerk zu richten, der wegen der Nachgiebigkeit des Rezipienten-Halters leichter nachlassen könnte. Dieser Schliff steht jetzt bei der Pumpe des hiesigen Institutes unter Quecksilberverschluss. Es würde im übrigen keinen besonderen Schwierigkeiten unterliegen, alle

[1]) Hierzu wird die von Geppert (*a. a. O. S. 66*) angegebene vortreffliche Mischung aus 1 Gewichtstheil Kolophonium, 2 Theilen weissem Wachse und 3 Theilen Vaseline benutzt.

Versuch II

am 6. bis 7. November 1895.

Die Pumpe bis zum Hahn H_6 evakuirt. Erreichtes Minimum 0,00026 *mm*. Hierauf abgestellt.

Druck nach		*mm*
20	Minuten	0,00085
40	„	0,0009
1	Stunde	0,0010
2	Stunden	0,0011
3	„	0,0012
4	„	0,0013
6	„	0,0015
8	„	0,0017
24	„	0,0030

Versuch III

am 15. bis 16. November 1895.

Die Pumpe bis zum unteren Hahn der Geppert'schen Pipette evakuirt. Erreichtes Minimum 0,00020 *mm*. Hierauf abgestellt.

Druck nach		*mm*
5	Minuten	0,00038
20	„	0,00044
40	„	0,00048
1	Stunde	0,00050
2	Stunden	0,00060
3	„	0,00075
4	„	0,00090
6	„	0,00105
8	„	0,00150
24	„	0,00370

Schliffe des Vakuumraumes mit Quecksilberdichtung zu versehen. Das anfangs raschere, dann allmähliche Ansteigen des mittels des Vakuummeters bestimmten Druckes nach dem Abstellen der Sprengel'schen Pumpe kann auf dreierlei Ursachen bezogen werden: erstens auf das Freiwerden von Luft, die noch im Quecksilber enthalten ist, das bei o und im Fallrohre Nq (Fig. 1) im Vakuum steht[1]); hierauf dürfte wohl hauptsächlich die anfängliche raschere Steigerung des Druckes zurückzuführen sein, die immer gleich nach dem Abstellen der Pumpe eintritt. Als zweite Ursache für das Ansteigen des Druckes muss die allmähliche Loslösung von Schichten der am Glase haftenden „Lufthaut"[2]) in den Vakuumräumen angesehen werden, der wohl hauptsächlich die spätere langsame Drucksteigerung zuzuschreiben ist. Endlich kommt auch der Verschluss der Schlifftheile in Betracht, der bei so hohen Verdünnungen ein besonders guter sein muss[3]), andererseits die mögliche Verdampfung der verwendeten Hahnschmiere. Auf schlechte Dichtung müssen sehr rasche Drucksteigerungen zurückgeführt werden. Im übrigen spricht für das Vorhandensein eines derartigen Fehlers schon von vornherein ein geringerer Grad erreichbarer Verdünnung. Alles in allem zeigt sich die Haltbarkeit des Vakuums trotz der 11 bis 13 Schliffe am Vakuumraume, von denen gegenwärtig nur drei oder vier unter Quecksilberverschluss stehen, vollauf genügend für die Zwecke der Blutentgasung, indem hiebei nur verhältnissmässig kurze Zeiträume in Betracht kommen (vgl. das Folgende), während welcher die Drucksteigerung selbst im Vakuum — um so weniger bei höheren Drucken — noch minimal ist.

Um endlich die spezielle Verwendung der Pumpe als Blutgaspumpe zu erläutern, soll nachstehend noch der Verlauf eines schematischen Blut-Entgasungsversuches geschildert werden, dessen Bedingungen bei bestimmten Versuchen je nach den eben verfolgten Zwecken enstprechend abgeändert werden können.

Versuch IV

am 23. November 1895. Entgasung von frischem arteriellen Kaninchenblute.

Nachdem die Bimssteinstücke im Trockenapparate U tags zuvor zwei Stunden unter frische konzentrische Schwefelsäure gesetzt worden waren, hernach ausgepumpt

[1]) Vgl. K. Kiss *a. a. O. S. 71, Absatz 3 und 4.*

[2]) Vgl. E. Bessel-Hagen *a. a. O. S. 439.*

[3]) Vgl. K. Kiss *a. a. O. S. 71, Absatz 2.*

war und die Pumpe so über Nacht gestanden hatte, wurde dieselbe um 8ʰ 15ᵐ früh wieder in Gang gesetzt. Der Rezipient *V* befindet sich mit seinem unteren Theile in einem Wasserbade von 20° bis 21°. Die Lufttemperatur beträgt 16°. Die vorläufig noch abgeklemmte rechte Halsschlagader eines weiblichen Kaninchens von 1925 g Gewicht wird durch Kanüle und Schlauch mit der Geppert'schen Pipette verbunden, hierauf die Gassammelvorrichtung *O*, ebenso die Wanne *Y* mit Quecksilber gefüllt, die Sprengel'sche Pumpe abgestellt und das Eudiometer eingesetzt (vgl. S. 70). Hierauf wird um 8ʰ 51ᵐ das Vakuummeter abgelesen, das einen Druck von 0,0014 *mm* anzeigt. Zwei Minuten später werden mittels der Geppert'schen Pipette (J. Geppert *a. a. O.*) 11,612 cm^3 Blut in den Rezipienten eingelassen, worauf sogleich starkes Aufschäumen der Flüssigkeit eintritt. Die Barometerprobe steigt alsbald auf 3,5 *mm* und nun wird die Sprengel'sche Pumpe wieder in Gang gesetzt; die evakuirten Gase sammeln sich in *O* an.

Der weitere Verlauf des Versuches, während dessen das Wasserbad allmählich erwärmt wird, ist aus folgender Zusammenstellung ersichtlich.

Dauer Min.	Druck *mm*	Temp. d. Wasserbades	Bemerkungen
0	3,5	21	Die Sprengel'sche Pumpe wird in Gang gesetzt.
1	1,0	„	
2	0,4	„	Das Blut hat zu schäumen aufgehört.
3	0,0	20	Die Barometerprobe steht wieder auf Null.
4	0,0	„	Aus dem Blute steigen fast gar keine Blasen auf.
6	0,0	„	
8	0,0	21	Das Wasserbad wird langsam weiter erwärmt.
10	0,0	23	Es entstehen wieder reichlicher Blasen im Blute.
12	0,0	24	
14	0,1	25	Der Druck steigt infolge der Mangelhaftigkeit des ein-
16	0,3	26	fachen Trockenapparates wieder an. Tension des Wasser-
18	0,3	27	dampfes!
20	0,4	29	
25	0,7	31	
30	1,1	34	
35	1,5	35	Das Wasserbad wird auf 35° bis 36° erhalten.
40	1,8	„	Der Druck hat sein
45	1,8	„	zweites Maximum erreicht
50	1,6	„	und beginnt wieder abzusinken.
55	1,5	„	Das Blut im Rezipienten zum grössten Theile getrocknet.
60	1,2	„	
75	0,7	36	Das Blut im Vakuum erscheint vollständig trocken.
90	0,1	„	Letzte Schätzung an der Barometerprobe.
105	0,0218	„	Vakuummeter-Ablesung. Schluss des Versuches.

Nach der Ablesung des Vakuummeters werden die Gase aus *O* durch Oeffnen des Hahnes H_8 ins Endiometer aufsteigen gelassen. Wenn dies nicht sofort von selbst erfolgt, so kann leicht nachgeholfen werden, indem man H_7 vorsichtig etwas zudreht, sodass die Quecksilbersäule im Fallrohr gegen *N* aufsteigt, und nun plötzlich wieder öffnet. Auf dieselbe Art können auch die letzten Luftbläschen, die sich etwa über der Biegungsstelle des Fallrohres aufhalten, ins Sammelgefäss gebracht werden. Nachdem alles Gas aus *O* ins Eudiometer aufgestiegen ist, wird H_8 geschlossen und die Pumpe abgestellt. Das Endiometer wird hierauf in einer transportablen Wanne mit Halter ins Gaszimmer gebracht und dort nach einigen Stunden abgelesen.

Die Ablesung ergab für den vorstehenden Versuch:

Barometerstand 730 *mm*. Temperatur 14°. Niveaudifferenz 81,7 *mm*.

$$V = 5{,}347\ cm^3$$

oder reduzirt auf 0° und 760 *mm* Druck:

$$V_0 = 5{,}086\ cm^3;$$

hierzu etwa noch die S. 73 besprochene Korrektion für die in den Pumpenräumen verbliebene Gasmenge gerechnet, die sich für eine mittlere Temperatur dieser von 26° auf 0,063 cm^3 stellt:

$$V_1 = 5{,}149\ cm^3,$$

oder es betrug die ausgepumpte Gasmenge 44,3 Volumprozente der verwendeten Blutmenge von 11,612 cm^3.'

Aus dem auf v. S. dargestellten Verlaufe des Versuches ist ersichtlich, dass die Hauptmasse der auspumpbaren Gase schon ohne Erwärmung des Rezipienten in drei Minuten entfernt und in der Gassammelvorrichtung aufgefangen ist. Die beobachtete Drucksteigerung, die im Verlaufe des späteren Auspumpens bei dem vorliegenden Versuche auftrat, ist auf die Mängel des einfachen verwendeten Trockenapparates zurückzuführen. Unter Verwendung meines demnächst zu beschreibenden Riesel-Trockenapparates wird das Vakuummeter schon nach 15 bis 20 Minuten wirksam und der Versuch ist beendet.

Die Vorzüge der neuen Pumpe liegen klar zu Tage. Die *selbstthätige* und *stetige* Wirksamkeit der Kahlbaum'schen Pumpe hat es ja gerade wünschenswerth erscheinen lassen, diese zur Blutgaspumpe umzugestalten, indem damit zwei wesentliche Vortheile erreicht wurden, die den bisher allgemein gebräuchlichen Blutgaspumpen abgingen. Man kann nun die Pumpe stundenlang fortarbeiten lassen, ohne sich weiter darum zu bekümmern. Die gebotene Möglichkeit, die zu evakuirende Flüssigkeit in den Rezipienten einzuführen, während die Sprengel'sche Pumpe schon arbeitet, erspart sehr grosse Rezipienten, indem hierbei die Entgasung ungemein rasch vor sich geht, da das Vakuum über der zu entgasenden Flüssigkeit fast stetig erhalten wird. Auch die Aufsammlung der evakuirten Gase erfolgt selbstthätig, nach Belieben entweder in der Sammelvorrichtung oder gleich im Eudiometer. Die *stetige* Wirksamkeit, die der Pumpe, wie fast allen automatischen auf dem Sprengel'schen Prinzipe beruhenden Quecksilberluftpumpen (Stearn, Maxwell-Hughes, Wells, Smith, Bloch), sowie annähernd den rotirenden Quecksilberpumpen (Fritsche-Pischon, Schulze-Berge) und der neuen selbstthätigen Tropfenpumpe von Neesen[1]) eigenthümlich ist, unterscheidet sie unserer Ansicht nach vortheilhaft von der neuerlich gebauten, diskontinuirlich wirkenden Blutgaspumpe von Raps und Kossel[2]), sowie denjenigen neueren selbstthätigen Quecksilberluftpumpen, die, wie die Schuller'sche[1]), durch periodisches Oeffnen und Schliessen eines Hahnes in Gang gebracht werden oder als oszillirende Pumpen (Pontallié, Chiozza, Varaldi) arbeiten.

Die erforderliche Sorgfalt für das gute Funktioniren der beschriebenen Blutgaspumpe ist sehr klein im Vergleiche mit anderen selbstthätigen Quecksilberluftpumpen, bei denen die Betriebssicherheit durch die geringste Verunreinigung des Quecksilbers oder leicht mögliche Störungen in der Mechanik beweglicher Theile in Frage gestellt

---

[1]) F. Neesen, Selbstthätige Quecksilberluftpumpe, *diese Zeitschrift* **14.** *S. 125. 1894.* Derselbe, Selbstthätige Tropfen- und Quecksilberluftpumpen mit einem Vergleich des Wirkungsgrades derselben, *diese Zeitschrift* **15.** *S. 273. 1895.*

[2]) *a. a. O.*; vgl. auch *diese Zeitschrift* **11.** *S. 229 u. 256. 1891;* **13.** *S. 62. 1893,* und *Zeitschr. f. physiol. Chemie* **17.** *S. 644. 1893.*



werden kann. Schliesslich wäre nicht zu unterlassen, auch den geringen Quecksilberbedarf (vgl. S. 69) als Vortheil gegenüber den alten, meist verwendeten Blutgaspumpen anzuführen.

Die beschriebene Pumpe wird von Herrn Glasbläser G. Eger in Graz geliefert und stellt sich mit Vakuummeter-Einrichtung auf 200 G., ohne dieselbe auf 160 G. Sie wird von demselben auch in einer einfachen Form als Luftpumpe, ohne die Vorrichtungen zum Entwickeln, Trocknen und Sammeln der Gase hergestellt.

Ueber magnetische Ungleichmässigkeit und das Ausglühen von Eisen und Stahl.

Von Dr. **A. Ebeling** und Dr. **Erich Schmidt.**

(Mittheilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt Abth. II.)

Seit längerer Zeit sind in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt Versuche im Gange, welche vergleichende Bestimmungen über die verschiedenen Methoden zur Untersuchung magnetischer Materialien bezwecken. Hierbei traten bald verschiedene Schwierigkeiten auf, deren wichtigste die Ungleichmässigkeit der Materialien ist[1]).

Die Annahme, dass das technisch beste Eisen, weiches schwedisches Schmiedeeisen, das homogenste und für magnetische Untersuchungen geeignetste sei, bestätigte sich nicht. Eine bestimmte Sorte, die in einigen Stücken von hoher magnetischer Güte war, erwies sich in anderen unverhältnissmässig schlecht.

Es gab nun zwei Möglichkeiten, entweder das Material an sich war inhomogen, also für genaue Untersuchungen ungeeignet, oder die Behandlungsweise (es wurde so gut als möglich im offenen Holzkohlenfeuer ausgeglüht) war eine unzureichende.

In Bezug auf die chemischen und mechanischen Eigenschaften hat man Inhomogenitäten selbst in kleineren Stücken von Eisen nachgewiesen[2]). Es liess sich also auch erwarten, dass sie magnetisch vorhanden seien. Aus der häufig gemachten Angabe, dass das Material gut ausgeglüht sei, darf man wohl schliessen, dass die Ansicht verbreitet ist, durch Ausglühen liessen sich diese Unregelmässigkeiten fortschaffen.

Theils um hierüber Aufschluss zu erhalten, theils um das brauchbarste Material zu finden, sind die folgenden Versuche angestellt worden, und zwar ist zunächst eine Reihe von Eisen- und Stahlstäben auf Gleichmässigkeit geprüft und dann untersucht worden, ob magnetisch inhomogene Materialien durch möglichst einwandfreies Ausglühen gleichmässig werden.

1. Prüfung der Gleichmässigkeit von Eisen- und Stahl-Stäben.

Zur Prüfung der magnetischen Gleichmässigkeit wurde ein Volljoch aus Stahlguss (Fig. 1a) benutzt. Dasselbe hatte eine Länge von 18 *cm*, einen Querschnitt von 2×24 *qcm* und einen inneren Luftraum zur Aufnahme der Magnetisirungsspule von 10 *cm* Länge, 6 *cm* Höhe und 6 *cm* Breite. Die innere Bohrung der Magnetisirungsspule besass einen Durchmesser von 1,5 *cm* und enthielt in ihrer Mitte die kleine,

[1]) Vgl. den Bericht über die Thätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt in der Zeit vom 1. März 1894 bis 1. April 1895, *diese Zeitschrift* **15.** *S. 331. 1895.*

[2]) R. Hennig, *Wied. Ann.* **27.** *S. 321. 1886*; P. Gruner, *Wied. Ann.* **41.** *S. 334. 1890*; H. Wedding, *Zeitschr. d. Vereins deutscher Ingenieure* **39.** *S. 1169. 1895.*

1,5 *cm* lange Induktionsspule, welche den Stab eng umschloss. Zur Herstellung des magnetischen Schlusses dienten geeignete Backen aus Schmiedeeisen.

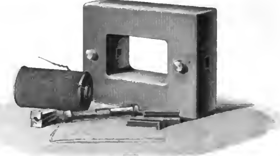


Fig. 1a.

In diesem Volljoch wurden nun zylindrische Stäbe von 33 *cm* Länge und 0,6 *cm* Durchmesser (die Wahl der Dimensionen ist eine willkürliche) auf Gleichmässigkeit geprüft, indem nacheinander verschiedene Stellen derselben eingespannt wurden.

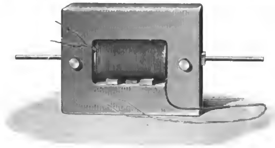


Fig. 1b.

In Fig. 1b ist ein in der Mitte festgeklemmter Stab dargestellt. Bei den hier in Frage stehenden Versuchen wurden je drei Stellen geprüft, die Mitte und die beiden Enden der Stäbe; diese drei Stellen vertheilen sich ziemlich gleichmässig über die Länge der Stäbe. Alle drei Messreihen wurden dicht nacheinander angestellt, damit möglichst die gleichen Bedingungen für sie vorhanden waren. An jeder Stelle führte man die Hälfte eines zyklischen Magnetisirungsprozesses aus, indem man, ausgehend von der höchsten benutzten Intensität des magnetisirenden Stromes, stufenweise zu Null herunterging und nach Kommutiren des Stromes wieder bis zur höchsten Stromstärke aufstieg. Man gelangte so zu der Beziehung zwischen der Induktion 𝔅 und der Feldintensität ℌ, welche durch die in Fig. 2 schematisch dargestellte hysteretische Schleife geliefert wird. Beobachtet ist also jedesmal von der Schleife der Theil *a b c*; die zweite Hälfte *c d a* ist fortgelassen, weil sie mit der ersten fast genau übereinstimmte, wie mehrfache Versuche bestätigt haben. Es sind dann die Werthe negativer Induktion (— 𝔅) als positive Werthe in die Kurven eingetragen, indem auch die zugehörigen Werthe

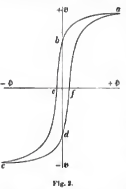


Fig. 2.

von $\mathfrak{H}$ positiv genommen sind, d. h. also, es ist die halbe Fläche *a b e f a* gezeichnet worden.

Die Wiederholung einer Bestimmnng ergab im Allgemeinen genan dasselbe Resultat; unwesentliche Abweichnngen kamen jedoch znweilen vor.

Znr Konstruktion der Kurven hat man die Werthe der Feldintensität $\mathfrak{H}$ nnd der stnfenweisen Aenderung $\Delta\mathfrak{B}$ der Indnktion zn berechnen, welche dnrch die Aenderungen des erregenden Stromes hervorgerufen werden und den Ansschlägen des ballistischen Galvanometers proportional sind.

Die Feldintensität $\mathfrak{H}$ für die Mitte der Spule ist gegeben durch die Gleichung

$$\mathfrak{H} = 4\,\pi\,n\,i\,\frac{1}{\sqrt{1+4\frac{r^2}{l^2}}},$$

wo n die Windungszahl der magnetisirenden Spule pro *cm*, l die Länge ihres Wickelnngsranmes, r den mittleren Radius der Spnle und i die Intensität des magnetisirenden Stromes bedentet. Ferner ist

$$\Delta\mathfrak{B} = \frac{b\,w\,\alpha}{n_1\,s}.$$

Hierin bedeutet w den Gesammtwiderstand des sekundären Kreises, n_1 die Windungszahl der seknndären Spule, s den Querschnitt des Eisenstabes, b den Werth der Konstanten das ballistischen Galvanometers nnd α den Ansschlag des Galvanometers, auf Bogenwerthe rednzirt.

Durch Summirung der einzelnen $\Delta\mathfrak{B}$ gewinnt man die Werthe der Induktion $\mathfrak{B}$ selber. Alle Daten wurden in absoluten Werthen des elektromagnetischen C.G.S.-Systems ausgedrückt. Da es sich hier nur um relative Werthe handelt, soll nicht näher auf die Bestimmung der einzelnen Grössen eingegangen werden.

Ein vollkommener magnetischer Schlnss ist wegen der Backen, die den Stab einklemmen, nicht zu erreichen; es war deshalb zu untersnchen, ob die ans dem Joch hervorragenden Enden der Stäbe die Messnngen beeinflnssten. Dass dies nicht der Fall war, wurde anf zwei Arten nachgewiesen.

1. Man schob eine Seknndärspule über das aus dem Joch hervorragende Ende des Stabes und kommntirte dann den Erregerstrom bei maximaler Stromstärke, d. h. man nahm die grösstmöglichen magnetischen Aenderungen im Innern des Joches vor; im Galvanometer, in dessen Kreis die Induktionsspnle lag, zeigte sich dabei *keine* Ablenknng.

2. Ein Stab aus weichem schwedischen Schmiedeeisen von 28 *cm* Länge wurde nach nnd nach anf 18 *cm* verkürzt, sodass er schliesslich gerade in das Joch passte. In seiner nrsprünglichen Länge nnd nach jeder Verkürzung wurde der Stab an ein nnd derselben Stelle, nnd zwar in seiner Mitte, geprüft. Die Kurven, die bei den Längen 28, 23 nnd 18 *cm* erhalten sind, wobei der Stab möglichst genau an dieselbe Stelle gebracht wurde, stimmten vollkommen miteinander überein.

2. Resnltat der Prüfnng der magnetischen Gleichmässigkeit.

Eine grössere Anzahl von Stäben, theils ungeglüht, theils im offenen Holzkohlenfener geglüht, ans Schmiedeeisen, Walzeisen, Stahl, Gnsseisen nnd Stahlguss wurden in der angegebenen Weise auf Gleichmässigkeit geprüft. Dabei fand man eine Reihe von Stäben, die verhältnissmässig wenig ungleichartig waren, andere zeigten bedentende Unregelmässigkeiten. Die geringsten Verschiedenheiten zeigte das gegossene Eisen. Es wird dies erklärlich nach einer kürzlich erschienenen Arbeit von

West[1]), wonach selbst in einer Gussstange von etwa 2 *m* Länge aus Gusseisen nur sehr geringe Unterschiede im spezifischen Gewicht und in der chemischen Zusammensetzung gefunden sind.

Von allen bisher untersuchten Stäben hat sich jedoch erst ein einziger, und zwar ein solcher aus Stahlguss, soweit die benutzte Untersuchungsmethode diesen Schluss gestattet, als durchaus gleichmässig erwiesen.

Als Beispiel seien in Fig. 3 für einen Stab aus bestem weichen schwedischen Schmiedeeisen die an den drei verschiedenen Stellen gewonnenen Induktionsschleifen

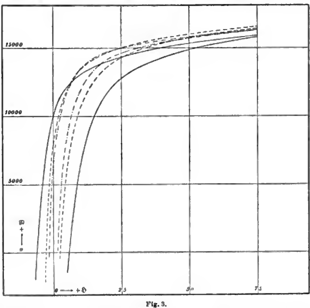


Fig. 3.

wiedergegeben; dabei entsprechen die ausgezogenen, gestrichelten und strichpunktirten Kurven je einer der drei Stellen. Dieser Stab ist aus demselben Material hergestellt, das eingangs erwähnt wurde; er ist der ungleichmässigste, den wir bisher gefunden haben. Weiter unten sind in Fig. 6 bis 9 noch einige weitere Beispiele gegeben; jedoch sind dort nur für je zwei Stellen des Stabes die Kurven gezeichnet.

3. Ausglühen von Stäben.

Nachdem nachgewiesen war, dass fast alle Eisenstäbe magnetisch inhomogen waren, blieb zu untersuchen, ob diese Ungleichmässigkeiten durch irgend ein Ausglühverfahren entfernt werden können.

Es ist allgemein bekannt, dass Eisen durch Ausglühen magnetisch besser oder „weicher" wird. Dies zeigt sich darin, dass der Energieverbrauch durch Hysteresis, der dem Flächeninhalt der Induktionsschleife proportional ist, durch Ausglühen kleiner wird; in der Hauptsache liegt dies daran, dass der Werth der Koërzitivkraft ein geringerer wird. Auch ändert sich sowohl der Maximalwerth der Permeabilität wie die Gestalt der Permeabilitätskurve, indem der Anstieg und Abfall der Induktionskurven für die niedrigen Werthe der Feldintensität ein steilerer wird.

[1]) *Zeitschr. d. Vereins deutscher Ingenieure* **39.** *S. 1406. 1895.*

Naturgemäss wird die Art des Ausglühens von Einfluss sein; man wird also ein magnetisch homogenes Material durch schlechtes Ausglühen auch verschlechtern können. Ein magnetisch recht gleichmässiger Stab aus Stahlguss, welcher so ausgeglüht wurde, dass das eine Ende auf ca. 1000° C. gehalten wurde, während das andere Ende garnicht zum Glühen kam, zeigte jedenfalls nach dem Versuch sehr starke Unterschiede in den Kurven.

Für den vorliegenden Zweck musste man mithin beim Ausglühen alle Theile der Stäbe gleichen Temperaturen aussetzen. Dazu bedurfte man eines Ofens mit gleichmässiger Temperaturvertheilung von genügender Dauer und mit langsamem Temperaturabfall.

Die ersten Versuche sind mit einem Gasofen angestellt, der demjenigen ähnlich war, welcher bei den pyrometrischen Arbeiten von Holborn und Wien in der Reichsanstalt benutzt wurde[1]). Eingehende Versuche, an denen sich Hr. Diesselhorst betheiligte, zeigten, dass ein solcher Ofen, was Gleichmässigkeit der Temperaturvertheilung betrifft, bei geeignetem Bau sehr wohl verwendbar wäre. Nach einer allgemeinen Annahme ist es aber nothwendig, das Material der hohen Temperatur lange Zeit hindurch auszusetzen, und dies war mit dem genannten Ofen nur unter Aufwand von sehr grosser Mühe zu erreichen. Ausserdem war eine langsame, gleichmässige Abkühlung mit Schwierigkeiten verbunden.

Um unter nach jeder Richtung geeigneten Bedingungen arbeiten zu können, wandte man sich an die Königliche Porzellan-Manufaktur mit der Bitte, in einem der dortigen grossen Oefen einige Stäbe ausglühen zu dürfen. Die Erlaubniss hierzu wurde auf das bereitwilligste gewährt, wofür Herrn Direktor Dr. Heinecke auch an dieser Stelle der Dank ausgesprochen sei; den Herren Dr. Pukall und Marquardt sei für die freundliche Unterstützung bei den Versuchen ebenfalls bestens gedankt.

Das Ausglühen der Stäbe geschah bei den endgültigen Versuchen in folgender Weise: In der mittleren der drei übereinander liegenden Kammern eines zylindrischen Ofens von fast 4 *m* innerem Durchmesser war ein einseitig geschlossenes Porzellanrohr von 150 *cm* Länge und etwa 1,5 *cm* lichter Weite horizontal so eingelegt, dass das offene Ende eben noch frei nach aussen ragte. Es war von einem Thonrohr umgeben, welches auf zwei Stössen von Chamottekapseln auflag, die zur Aufnahme der Porzellangegenstände dienen. Das Thonrohr wurde beim Vermauern der Ofenöffnung mit eingemauert. In dem Porzellanrohr, nahe am geschlossenen Ende, also tief im Ofen, lag der auszuglühende Stab; derselbe lag flach im Rohre.

Um das Zuströmen frischer Luft abzuschwächen, wurde das Porzellanrohr durch einen Kork lose verschlossen; zur weiteren Beschränkung der oxydirenden Wirkung der Luft wurde vor den Stab ein beliebiges Stück Eisen in das Rohr gelegt, von jenem durch ein Thonrohr getrennt. Es wurde erreicht, dass die Oxydschichten der ausgeglühten Stäbe weniger als 0,01 *mm* betrugen.

4. Temperaturverlauf und Temperaturvertheilung im Ofen der Königlichen Porzellan-Manufaktur.

Um über die Temperaturverhältnisse des Ofens Aufschluss zu erhalten, benutzte man die von Holborn und Wien in der Reichsanstalt ausgearbeitete Methode der Messung hoher Temperaturen[2]). Von dem Le Chatelier'schen Thermoelement, bestehend aus Platin und einer Legirung von Platin mit 10% Rhodium, befand sich

[1]) *Diese Zeitschrift* **12.** *S.* 257, 296. *1892. Wied. Ann.* **47.** *S. 107. 1892.*

[2]) *Wied. Ann.* **56.** *S. 395. 1895.*

der eine Draht im Innern eines 124 *cm* langen, kapillaren Porzellanrohrs, die Rückleitung lag frei in dem umhüllenden Rohr, in dem sonst die Stäbe geglüht wurden. Die Löthstelle *Pt/PtRh* war an das innere Ende des Kapillarrohres gebracht und liess sich mit diesem verschieben.

Die durch die Zuleitungen bedingten Kontaktstellen *Pt/Cu* und *PtRh/Cu* befanden sich bei diesem Versuch in einem Wasserbade, durch U-förmige Glasröhren gegen Wasser isolirt. Die Temperatur des Wassers blieb während des Versuchs, der über 50 Stunden dauerte, bis auf wenige Grade konstant und betrug im Mittel 25° C. Auf diese Temperatur wurde die Nulllage des Messinstrumentes eingestellt. Dasselbe war ein d'Arsonval-Galvanometer der Firma Keiser & Schmidt in Berlin, das von Holborn und Wien als Pyrometer geaicht ist[1]). Dasselbe gestattet direkt die Temperatur der Kontaktstelle *Pt/PtRh* abzulesen.

Die absoluten Angaben der Temperatur werden bis auf etwa 2% des Ueberschusses über die Temperatur des Wasserbades als richtig angesehen werden dürfen; die relativen Angaben sind im Allgemeinen bis auf wenige Zehntel Prozent, d. i. bis auf wenige Grade genau.

Der *Temperaturverlauf* im Ofen ergiebt sich aus Fig. 4. Die Beobachtungen beginnen erst mit dem Morgen des 9. November, während der Ofen bereits am Abend

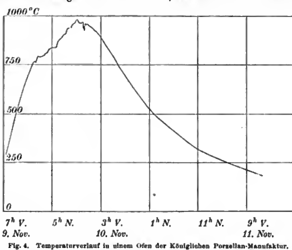


Fig. 4. Temperaturverlauf in einem Ofen der Königlichen Porzellan-Manufaktur.

des 8. November angefeuert ist; die letzte Beobachtung ist einige Stunden, bevor die mittlere Kammer des Ofens geöffnet wurde, gemacht. Im Allgemeinen wurde etwa alle 15 Minuten beobachtet; nur wenn sich Unregelmässigkeiten zeigten, nahm man mehr Ablesungen vor. Vom Morgen des 10. November ab ist wegen der Gleichmässigkeit des Temperaturverlaufs in immer grösseren Zeitfolgen beobachtet worden.

Die in der Kurve auftretenden Zacken bedeuten Schwankungen der Temperatur, welche durch das Aufschütten von Kohle und durch Abrosten hervorgerufen wurden. Man sieht auch, dass dieselben in der Zeit des Temperaturabfalls nicht mehr auftreten. Eigenthümliche und sehr starke Schwankungen traten am Abend des 9. November in der Zeit von etwa $8^h\,30^m$ bis $9^h\,0^m$ auf; sie fielen zeitlich mit

[1]) *Wied. Ann.* **56.** *S. 395. 1895.*

dem Eintreten eines orkanartigen Sturmes zusammen. Da nicht nachgewiesen ist, ob dieselben wirklich eine Folge von Temperaturschwankungen im Ofen und nicht etwa eines Kontaktfehlers waren, sind dieselben in die Figur nicht eingezeichnet.

Die *Temperaturvertheilung* im Ofen wurde dadurch bestimmt, dass die Löthstelle *Pt/PtRh* in dem Porzellanrohr verschoben wurde. Auf diese Weise sind zwei Beobachtungsreihen gewonnen, die eine am Abend des 9. Nov. von $6^h\ 20^m$ bis $6^h\ 50^m$ bei Temperaturanstieg, als noch gefeuert wurde, wo also auch Schwankungen noch möglich waren, und eine zweite in der Nacht vom 9. zum 10. Nov. in der Zeit von $1^h\ 40^m$ bis $1^h\ 50^m$ bei sinkender Temperatur, als dieselbe langsam und gleichmässig abnahm.

Die erste Beobachtungsreihe ist so ausgeführt worden, dass man die Löthstelle mehr und mehr aus der Mitte des Ofens entfernte und dann wieder nach und nach dahin zurückführte. Bei Beginn der zweiten Beobachtungsreihe klebte das Kapillarrohr in dem umgebenden, innen glasirten Porzellanrohr, obwohl die Temperatur des Ofens 1000° C. kaum überschritten hatte. Es musste losgerissen werden, wobei der eine Draht des Thermoelementes zerriss. Aus diesem Grunde ist hier nur die eine Beobachtungsrichtung eingeschlagen worden. Zeitliche Aenderungen der Temperatur waren damals auch kaum vorhanden.

Die folgende Tabelle enthält die Daten der beiden Versuchsreihen.

9. Nov. $6^h\ 20^m$ bis $6^h\ 50^m$ N.				10. Nov. $1^h\ 40^m$ bis $1^h\ 50^m$ V.	
a_1 in *cm*	T_1 in Grad C.		Mittel	a_2 in *cm*	T_2 in Grad C.
+ 81	878	892	885	— 7	868
79	878	890	884	+ 2	905
75	875	893	884	8	915
71	878	891	885	17	918
65,5	876	888	882	22	922
60	876	886	881	30	924
56	878	888	883	35	924
50,5	876	882	879	41	925
45	879	887	883	47	925
41	875	882	879	50,5	924
33,5	876	878	877	54	924
26,5	872	877	875	58,5	924
18,5	870	866	868	63	924
10,5	866	866	866	67	924
+ 5,5	866	857	862	72	924
— 1	855	854	855	76	922
— 7	848	842	845	79	922
—13	832	820	826	81	923
—19,5	790	—	790	—	—
	↓	↑			↓

Darin bedeuten a_1 und a_2, entsprechend den beiden Beobachtungsreihen, den Abstand der Kontaktstelle *Pt/PtRh* von der inneren Ofenwandung; die negativen Zahlen geben also an, dass sich die Löthstelle bereits in der Ofenwand befand; T_1 und T_2 sind die Temperaturen. Die verhältnissmässig geringe Abnahme der Temperatur in der Wand des Ofens rührt daher, dass das Thonrohr nur lose eingemauert war, um Spannungen und damit ein Zersprengen desselben zu vermeiden.

In Fig. 5 sind die Daten der Tabelle, von der Ofenwand nach innen, graphisch wiedergegeben, wobei für die erste Beobachtungsreihe (Kurve II) die Mittelwerthe benutzt sind. Die Abszissen geben den Abstand a der Löthstelle von der inneren Ofenwand, die Ordinaten die Temperaturen.

Am 9. Nov. beginnt die Gleichmässigkeit der Temperatur bei etwa 40 *cm*, am 10. Nov. schon bei etwa 20 *cm* Abstand von der inneren Ofenwand. Da die anszuglühenden Stäbe in einem Abstand von etwa 70 bis 110 *cm* lagen (der Durchmesser des Ofens betrug, wie bereits angegeben ist, fast 4 *m*), so befanden sich mithin alle Theile derselben während des Glühens auf durchaus gleichmässiger Temperatur.

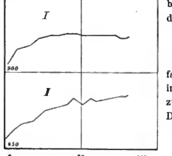


Fig. 5. Temperaturvertheilung im Ofen.

5. Ergebniss der Glühversuche.

In dem Ofen der Königlichen Porzellan-Manufaktur sind 4 verschiedene Typen von Eisensorten in der angegebenen Weise ausgeglüht worden, und zwar kongruente Stäbe von 33 *cm* Länge und 0,6 *cm* Durchmesser

1. aus schwedischem Schmiedeeisen,
2. „ Walzeisen,
3. „ Wolframstahl,
4. „ Stahlguss.

Von jedem Stabe kamen, wie in Abschnitt 1 beschrieben, drei Strecken von je 10 *cm* zur Untersuchung.

Die Resultate sind in den Fig. 6 bis 9 zusammengestellt, und zwar geben die Fig. 6a bis 9a die Induktionsschleifen vor dem Glühen, Fig. 6b bis 9b dieselben nach dem Glühen, nachdem die Oxydschicht von den Stäben mit Schmirgelpapier vorsichtig abgerieben worden war. In den Figuren a und b entsprechen jedesmal die gleichgezeichneten Kurven gleichen Stellen des Stabes. Der Uebersichtlichkeit wegen sind jedesmal von den drei beobachteten Kurven nur zwei, und zwar die am stärksten differirenden, gezeichnet.

Auch mit der Oxydschicht wurden die ausgeglühten Stäbe geprüft. Dabei war nur der schmiedeeiserne Stab gerade zu richten, und zwar um etwa 3 *mm* auf seine Länge von 33 *cm*. Das Richten geschah durch Biegen mit der Hand. Die Kurven sind nicht mitgetheilt; dieselben weichen nur unwesentlich von den Kurven b ab. Bemerkenswerthes über dieselben wird bei den einzelnen Stäben besprochen werden.

Beim Entfernen der Oxydschicht wurden auch bei den anderen Stäben die ganz geringfügigen Durchbiegungen entfernt. Der schmiedeeiserne und der Stahlstab waren vor dem Abdrehen im offenen Holzkohlenfeuer geglüht, die beiden anderen Stäbe sind so, wie das Material eingeliefert war, zum Abdrehen benutzt.

In allen 4 Fällen wurde das Material, wie man erwartet hatte, weicher; am wenigsten geändert hat sich das Walzeisen. Hinsichtlich der erreichten Gleichmässigkeit ist Folgendes zu bemerken.

1. Der schmiedeeiserne Stab ist nach dem Glühen magnetisch fast ebenso inhomogen als vorher (s. Fig. 6a und 6b)[1].

2. Der Stab aus Walzeisen war bereits vor dem Glühen ziemlich gleichmässig (s. Fig. 7a); ein etwas weniger regelmässiger Stab aus dem gleichen Material war leider verunglückt. Die mit dem ersteren gewonnenen Resultate sind deshalb weniger ausgeprägt. Vollkommene Gleichmässigkeit ist auch in Fig. 7b nicht vorhanden.

[1]) Dass dieses Resultat durch das Biegen des Stabes nicht beeinflusst ist, wurde inzwischen durch ein nochmaliges Ausglühen des Stabes nachgewiesen, wobei derselbe gerade blieb. Die in Fig. 6b angegebenen Unregelmässigkeiten sind dabei geblieben, nur ist der Stab weicher geworden.

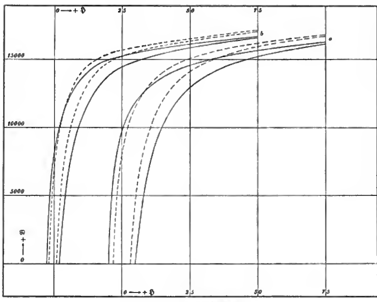


Fig. 6a, b. Schmiedeeisen.

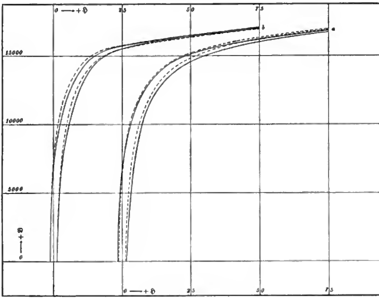


Fig. 7a, b. Walzeisen.

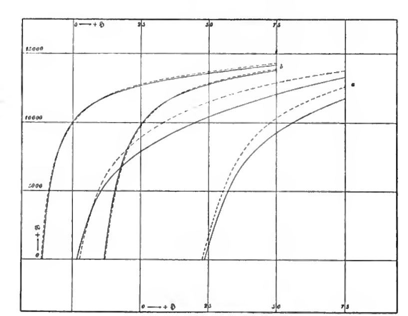


Fig. 8a, b. Wolframstahl.

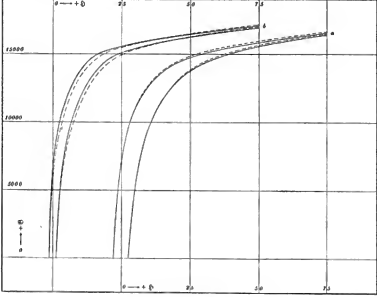


Fig. 9a, b. Stahlguss.

3. Der Stahlstab ist durch das Ausglühen bedeutend besser geworden (s. Fig. 8a und 8b).

4. Der Stab aus Stahlguss war auch vor dem Glühen schon recht gleichmässig, ein weniger regelmässiger stand nicht zur Verfügung. Es kam hier hauptsächlich darauf an, zu untersuchen, in welcher Weise das Ausglühen auf dieses Material wirkt. Es ist schon vorher erwähnt worden, dass dasselbe durch Glühen bedeutend weicher geworden ist. Die Kurven in Fig. 9b differiren stärker untereinander, als man gemäss Fig. 9a erwarten sollte; eine Kontrolbeobachtung an allen drei Stellen bestätigte jedoch durchaus dieses Resultat. Die hier nicht mitgetheilten, mit dem oxydirten Stab gewonnenen Kurven stimmten sehr gut überein, sodass man annehmen muss, dass auf diesen Stab auch schon die geringfügige mechanische Bearbeitung des Richtens und Abschmirgelns ungünstig eingewirkt hat.

Das Resultat der Glühversuche lässt sich etwa dahin zusammenfassen: Ausglühen von Eisen kann, wenn es wirklich gleichmässig geschieht, zuweilen vortheilhaft sein, wenn man ein gleichmässiges Material gewinnen will; dies zeigt der Stab aus Wolframstahl. Durch ungleichmässiges Glühen wird man das Material jedoch verschlechtern. Andererseits kann man nicht etwa jedes Material durch Glühen magnetisch homogen machen, wie dies in deutlicher Weise der schmiedeeiserne Stab zeigt. Ob in einem solchen Fall die magnetische Inhomogenität mit einer Unregelmässigkeit in der chemischen Zusammensetzung identisch ist, soll untersucht werden, nachdem einige weitere beabsichtigte Versuche mit den Stäben angestellt sind.

Das *Gesammtresultat* der Arbeit kann man in folgenden Sätzen zusammenfassen:

1. Gleichmässiges Material liefert am wahrscheinlichsten ein sorgfältig überwachter Guss.

2. Gleichmässiges Ausglühen von Eisen ist in jedem Falle vortheilhaft.

3. Ungleichheiten im geschmiedeten Eisen konnten bei den angestellten Versuchen durch Ausglühen nicht beseitigt werden.

Prüfung der magnetischen Homogenität von Eisen- und Stahlstäben mittels der elektrischen Leitungsfähigkeit.

Von
Dr. A. Ebeling.
(Mittheilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt Abth. II.)

In der voranstehenden Arbeit war die Prüfung der magnetischen Homogenität in der Weise ausgeführt, dass für je drei Strecken eines zylindrischen Stabes in einem geschlossenen Joch die hysteretische Schleife (Beziehung zwischen $\mathfrak{B}$ und $\mathfrak{H}$) aufgesucht wurde.

Diese Untersuchungsart erforderte sehr viel Zeit; auch musste bei jeder Bestimmung ein Stück von 10 *cm* geprüft werden, weil der innere Luftraum des Joches diese Länge besass, während es wünschenswerth war, noch kürzere Strecken der Untersuchung zu unterwerfen.

Nach den Literaturangaben übertreffen nun die Werthe der elektrischen Leitungsfähigkeit für weiches Eisen diejenigen für weichen Stahl unter Umständen bis etwa 70%. Hiernach konnte man erwarten, dass magnetische Unregelmässigkeiten sich auch in den Werthen der elektrischen Leitungsfähigkeit bemerkbar machen würden. Diese Vermuthung bestätigte sich durchaus.

Untersuchungsmethode. Man schickte einen konstanten Strom von höchstens 1 Amp. durch den zu prüfenden Stab und setzte zwei mit einander fest verbundene, im konstanten Abstand von 4 *cm* stehende und mit $^1/_2$ *kg* belastete Messingschneiden an verschiedenen Stellen des Stabes auf. Dieselben lagen mit einem Ballastwiderstand von 100 Ohm und mehr, einem ballistischen Galvanometer von 5,5 Ohm und einem Ausschalter in einem Kreise.

Da der Querschnitt der Stäbe in allen Theilen gleich war, so mussten die Ausschläge des Galvanometers, die beim Schliessen des Kreises entstanden, den Widerständen der von den Schneiden eingeschlossenen Theile proportional sein. Dass der Uebergangswiderstand der Schneiden unmerklich klein war, wurde konstatirt.

Die Schneiden wurden nach und nach von dem einen zum andern Ende des Stabes und wieder zurück verschoben, um die Fehler in Folge von Temperatur- und Stromänderungen möglichst zu beseitigen.

Resultat. Im Ganzen sind etwa 40 Stäbe hinsichtlich der Vertheilung der elektrischen Leitungsfähigkeit geprüft, etwa die Hälfte ist auch auf magnetische Homogenität untersucht worden. Ausführliche Angaben über die Versuche werden demnächst, nachdem einige besondere Punkte aufgeklärt sind, veröffentlicht werden; hier soll nur das allgemeine Resultat angegeben werden.

Aus den Versuchen geht hervor, dass diejenigen Eisen- und Stahlstäbe, welche geringe Unterschiede in den Werthen der elektrischen Leitungsfähigkeit zeigen, auch geringe magnetische Inhomogenitäten besitzen. Der umgekehrte Satz, dass alle magnetisch homogenen Materialien auch Gleichmässigkeit in der Leitungsfähigkeit aufweisen, erleidet Ausnahmen. Wahrscheinlich hat man es in einem solchen Fall mit mechanischen Fehlern des Materials zu thun.

Die stärksten bisher gefundenen Unterschiede in der Leitungsfähigkeit zeigte der in Fig. 3 der vorstehenden Arbeit in seiner magnetischen Inhomogenität dargestellte Stab; dieselben betrugen etwa 15 %. Der in Fig. 9a daselbst angeführte, recht gleichmässige Stab aus Stahlguss zeigte nur Unterschiede der Leitungsfähigkeit bis zu 0,8 %.

Sollte es sich allgemein herausstellen, dass eine Messung der elektrischen Leitungsfähigkeit an die Stelle der magnetischen Untersuchung treten kann, so wird sich die Prüfung magnetischer Materialien auf Homogenität sehr vereinfachen.

Referate.

Experimentelle Studien über Messungen mit dem Fadendistanzmesser.

Von L. S. Smith. *Bull. of the University of Wisconsin, Engin. Series, Vol. I. Nr. 5. 44 S. mit Tab. und 1 Tafel. Madison 1895.*

Der Verfasser, Lehrer der Ingenieurwissenschaften an der Universität von Wisconsin, theilt Erfahrungen über Tachymetermessungen[1]) mit, die er 1892/93 bei der Grenzvermessung zwischen der Union und Mexiko, und später, 1894, in Wisconsin zu machen Gelegenheit hatte. Bei der zuerst genannten Vermessung wurde längs der ganzen Grenzlinie, von El Paso am

[1]) Die Amerikaner bezeichnen (wie auch einige romanische Nationen) jetzt als *Stadia* meist den ganzen tachymetrischen Messapparat, Instrument mit distanzmessendem Fernrohr nebst Latte, und als *Stadia Measurement* also unsere Tachymeter-Messung, während früher auch bei ihnen, wie noch jetzt in England, *Stadia* die Latte allein bedeutete (jetzt *rod* wie beim Nivelliren); in England heisst

Rio Grande (bis wohin dieser Fluss die Grenze bezeichnet) über Yuma am Colorado bis in die Nähe von S. Diego in Californien etwa 1100 *km* lang, ein Streifen von rund 4 *km* Breite aufgenommen. Nur auf dem ersten Siebentel dieser Strecke wurde auch unmittelbare Bandmessung der Polygonseiten, von dort an aber nur die tachymetrische Methode angewandt (der Verfasser entdeckte tachymetrisch auf jener ersten Strecke von etwa 160 *km sechs* Irrthümer von je 20 *m*, d. h. Verzählen um eine Bandlänge; dabei seien die beiden Messband-Männer sehr gewissenhafte und erfahrene Leute gewesen). Raschheit der Arbeit und dabei doch beträchtliche Genauigkeit wurden bald als Hauptvorzüge dieser Methode erkannt. In beiden Beziehungen zeigte sie sich aber als stark abhängig von dem Hüpfen und Zittern der Lattenbilder; und diese Erscheinungen der Luftbewegung, besonders bei starker Insolation, hat der Verfasser vor allem studirt. Die Hauptversuche sind mit 6 Zoll-Theodoliten mit Fernrohren von 19 *cm* Fokallänge (20facher Vergrösserung) und einer nach *dm* und *cm* (Felder), übrigens etwas eigenthümlich, getheilten Latte von 4,5 *m* Länge und 0,1 *m* Breite angestellt, auf deren Rückseite in der Höhe von 2 *m* über dem Aufsetzpunkt abwechslungsweise schwarze und weisse Streifen von (unten nach oben gerechnet) 5 (schwarz), 5, 10, 10, 10, $2^1/_2$, $2^1/_2$, 5, 5 (schwarz) *cm* Breite aufgemalt oder aus Tuch aufgeklebt waren. Der Lattenträger wurde angewiesen, auf einer bestimmten Linie alle 100 Schritt (bis zu meist 800 *m* Max.-Länge) zuerst die getheilte Lattenseite und sodann, auf Signal, die eben angedeutete Rückseite zu zeigen, auf der die *Amplitude* der Wallungen (*heat waves*) in der jedesmaligen Entfernung studirt werden konnte. Später wurde auch noch die *Zahl* der Vibrationen für die Minute notirt. Die *seitlichen* Verzerrungen der Scheibenfelder kommen hier nur insoweit in Betracht, als sie das Bild undeutlicher machen; bei den vertikalen Schwingungen spricht der Verfasser (und mit Recht, wie jeder Ingenieur weiss) von „primären“ und „sekundären“ Vibrationen (Wallung und Zittern). Die Abhängigkeit der Genauigkeit der Entfernungsmessung von den Vibrationen wird durch „Störungskurven“ für Vorm.- und Nachm.-Beobachtungen dargestellt. In typischen Beispielen zeigt sich die Zeit der grössten Störung nicht identisch mit der des Lufttemperatur-Maximums, sondern jene tritt dann ein, wenn der *Unterschied* der Temperatur der Luft und des Bodens ein Maximum war. Im Sommer trat eine zweite Max.-Störungszeit mit Sonnen-Aufgang ein, doch währte diese nicht lange. Der Verfasser hält das Produkt aus der Anzahl der Wallungen und ihrer Amplitude für einen bessern Maassstab der Luftstörungen, als jedes dieser beiden Elemente für sich abgiebt.

Neben der durch die Luftwallungen verursachten Unsicherheit, die wesentlich unregelmässiger Natur ist, spielt aber eine regelmässige Fehlerquelle eine grosse Rolle (der Verfasser bezeichnet sie „mangels eines bessern Namens“ als Differential-Refraktion): der Unterschied der Krümmung der Zielungen über den obern und über den untern Faden. An einem sonnigen Tag liegt unmittelbar auf der Erdoberfläche eine stark erhitzte Luftschicht; die Mächtigkeit dieser „abnormen Schicht“ wechselt mit Stunde und Jahreszeit, der Verfasser glaubt aber, dass der Theil, in dem der Wechsel der Luftschichten besonders rasch ist und der also besonders zu fürchten ist, selten über 3 bis 4 Fuss Mächtigkeit hat. Wenn die Zielung über den untern Faden in diese Schicht eintaucht, so ist ihre Refraktion viel grösser als die der Zielung über den obern Faden. Den Fehler, der aus dieser Differential-Refraktion entsteht, hat der Verfasser meist in direktem Verhältniss zur Unstetigkeit des Bildes gefunden; er bringt darüber ein ausserordentlich grosses Material bei. In der That sind manche andere Publikationen über den Einfluss der Refraktion bei Tachymetermessungen mit dem Fehler behaftet, dass ihre Verfasser die Refraktionsverhältnisse für *einen* Lichtstrahl, nicht die *Differenz* der Refraktionen für die *zwei* in Betracht kommenden Lichtstrahlen ins Auge fassten.

---

der Tachymetertheodolit meist *Tacheometer* (vereinzelt jetzt auch *Tachymeter*; auch die Franzosen blieben meist bei *Tachéomètre*). Wenn in Amerika das Instrument oder das distanzmessende Fernrohr allein bezeichnet werden soll, so wird meist einer der unzähligen andern griechischen oder lateinischen Namen gebraucht, mit denen die entfernungsmessenden Apparate, hier speziell das Distanzfaden-Fernrohr, belegt worden sind; beim *U. S. C. and G. Survey* heisst es z. B. *Telemeter* u. s. f.

Was der Verfasser über die Bestimmung der Hauptkonstanten des entfernungsmessenden Fernrohrs (mit Rücksicht auf diese Refraktionsverhältnisse) sagt und mit Zahlenbeispielen belegt, verdient bekannt und gewürdigt zu werden.

Dass Nachmittags- und Abendbeobachtungen auch für die Tachymetermessung (auf grosse Entfernungen) besser sind als Morgenbeobachtungen, ist bekannt und wird hier aufs Neue bestätigt.

Die Hauptergebnisse sind: die Zeit der grössten Vibrationen fällt etwa auf die Mitte des Vormittags, wo der grösste Temperaturunterschied zwischen Luft und Boden vorhanden ist; lange Sichten sollten in den heissen Tagesstunden nicht genommen werden oder nur mit dem halben Fadenintervall in den *obern* Lattentheilen; die Beschränkung der Genauigkeit der optischen Distanzmessung auf etwa $^1/_{700}$ der Entfernung ist vor allem verschuldet durch die abnorme Refraktion in den Luftschichten, die 3 bis 4 Fuss über den Boden reichen; die Hauptkonstante des tachymetrischen Instruments sollte stets nur unter äussern Umständen ermittelt werden, die den bei der Messung vorhandenen möglichst ähnlich sind; davon hängt die Genauigkeit der mit dem Instrument zu machenden Messungen zum grossen Theil ab.

Der Verfasser hat allerdings diese seine Resultate zum Theil zu sehr verallgemeinert (was für steinigen Wüstenboden gilt, muss noch nicht für den Boden des Kulturlandes gelten u. s. f.), zum Theil Forderungen aufgestellt, die in der Praxis schwer erfüllbar sind. In *einem* Punkt hat er jedenfalls Recht, nämlich darin, dass er seinen Landsleuten empfiehlt, nur richtig in *dm* und *cm* getheilte Latten zu verwenden, keine Latten, deren Theilung der (doch bei ein und demselben Instrument etwas schwankenden) Hauptkonstanten entspricht und die dann also nur für *ein* Instrument (und eigentlich nur für dessen Normalzustand) brauchbar, zum Nivelliren aber ohne lästige Reduktionen nicht brauchbar sind; einige Tabellen, die den verschiedenen Werthen der Hauptkonstanten entsprechen, helfen ja hier sehr einfach aus. Ferner hat es den Ref. gefreut, dass der Verfasser mehrfach darauf hinweist, dass es eigentlich zwei ganz verschiedene Tachymetrien giebt (d. h. mit verschiedenen Messungszwecken), deren Zusammenwerfen in Deutschland viel überflüssige Diskussion verursacht hat und verursacht; auch der Referent hat diesen Umstand schon vor längerer Zeit hervorgehoben und hofft bald Gelegenheit zu haben, dies ausführlicher zu thun. Des Verfassers Probemessungen u. s. f. betreffen hauptsächlich den einen Zweig der „Schnellmesskunst"; aber auch der andre geht nicht leer aus, und so sei zum Schluss die Schrift des Verfassers abermals als höchst lesenswerth für jeden bezeichnet, der mit Tachymetermessung zu thun hat. *Hammer.*

Ueber einen Coelostaten.

Von G. Lippmann. *Compt. rend.* **120.** *S. 1015. 1895; Journ. de Phys.* (3) **4.** *S. 397. 1895.*

Beim Foucault'schen Siderostaten wird das von einem Stern kommende Licht, während der Himmel rotirt, immer nach derselben Richtung hin reflektirt; die benachbarten Sterne dagegen scheinen sich um den anvisirten zu bewegen. Das Gleiche gilt auch für fast alle anderen Siderostaten und Heliostaten. Nur bei der Anordnung, wo der Spiegel parallel zur Weltachse liegt und in 48 Stunden eine Umdrehung vollendet, werden sämmtliche Punkte der gespiegelten Himmelsfläche nach konstanten Richtungen hin reflektirt. Diese für einen „Coelostaten" nöthige Anordnung glaubt Verfasser offenbar erfunden zu haben, während der Leser gewiss in dem „Coelostaten" bereits den August'schen *Heliostaten* erkannt hat.

Der Coelostat soll nun dazu dienen, in Verbindung mit einem während der Beobachtung festliegenden Fernrohr das Aequatoreal zu ersetzen. Die technischen Schwierigkeiten der Bewegung des schweren Instruments durch das Uhrwerk, die nie so weit überwunden werden, um ein direktes Eingreifen des Beobachters entbehrlich zu machen, würden dadurch vermieden, und während mit den Aequatorealen wegen ihrer nicht fehlerlosen Aufstellung und der Biegung des Rohres nur relative Messungen, Anschlüsse des zu beobachtenden Objektes an bekannte Sterne, möglich seien, würden mit einem Coelostaten absolute Messungen

vorgenommen werden können. Denn die Biegung des Spiegels sei wohl kaum merkbar oder könne wenigstens mit Sicherheit bestimmt werden; dasselbe gelte auch von den Fehlern in der Aufstellung des Spiegels.

Selbst wenn man diese Ausführungen über die Zuverlässigkeit der Stellung und Bewegung des Spiegels gern zugiebt, so ist immer noch nicht einzusehen, wie etwa die Position eines Sternes anders als durch eine Anschlussbeobachtung genau bestimmt werden kann. Denn man müsste dann nicht nur die Stellung des Spiegels, also seine etwaige Neigung gegen die Achse, seinen jeweiligen Stundenwinkel und die Neigung der Spiegelachse gegen die Weltachse ganz genau kennen, sondern auch die Lage des Beobachtungsfernrohres, mit dessen Fadenkreuz das Sternbildchen zur Koinzidenz gebracht wird. Das aber würde sehr schwer zu erreichen sein, weil das Beobachtungsrohr nur für die Beobachtung desselben Objektes seine Lage beibehält, im Uebrigen aber in sehr verschiedene Lagen, nämlich in sehr verschiedene Azimuthe und Neigungen gebracht werden muss; eine scharf zu bestimmende, sichere Lage, wie sie das Fernrohr bei absoluten Positionsbestimmungen haben muss, lässt sich dann jedenfalls nicht erwarten. In vielen Fällen wird die Beobachtung durch die schiefe Reflexion der Strahlen ungünstig beeinflusst, eine Beobachtung der Gegend um den Pol ist überhaupt unmöglich.

So hübsch der Gedanke auch ist, bei den Aequatorealen den Bewegungsmechanismus von dem Beobachtungsmechanismus zu trennen, so dürfte doch der vom Verfasser vorgeschlagene Weg nicht sehr empfehlenswerth sein. *Kn.*

Eine neue Methode zur Bestimmung des Verhältnisses der beiden spezifischen Wärmen für Luft und andere Gase.

Von G. Maneuvrier. *Ann. de chim. et de phys.* **6.** *S. 321. 1895.*

Die neue Methode gründet sich auf die von Reech angegebene Gleichung $\gamma = \frac{dp_q}{dp_t}$, wo Zähler und Nenner den Zuwachs des Druckes bei adiabatischer bezw. isothermer Kompression bedeuten. Da in dieser Gleichung der Differentialquotient vorkommt, so ist es nöthig, dass beide dp möglichst klein (in der obigen Arbeit $dp_q = 3$ bis 6 *mm*) gehalten werden; ferner richtet der Verfasser sein Augenmerk darauf, dass der ganze Vorgang der Kompression möglichst schnell (bis $^1/_{12}$ Sekunde) verlaufe.

Um diesen letzteren Zweck zu erreichen, ist an den etwa 50 *l* des zu untersuchenden Gases fassenden Glasballon ein gusseiserner Zylinder angekittet, in welchem sich der Kompressionskolben mit sanfter Reibung bewegt. Der Kolben, welcher sich nach aussen in eine gut geführte Stange fortsetzt, wird durch eine starke Feder stets ganz in den Zylinder hineingepresst gehalten; der Kompressionsvorgang erfolgt nun fast momentan in der Art, dass man den unter Zusammendrücken der Feder herausgezogenen Kolben durch Lösen einer Sperrvorrichtung in den Zylinder hineinschnellen lässt.

Etwas schwieriger war die Messung des im Augenblicke der vollendeten Kompression im Ballon herrschenden Ueberdruckes. Zu diesem Ende führte aus dem Innern des Ballons eine Röhre zu einem Manometer, welches aber bei der äusserst kurzen Dauer der Druckwirkung die statische Druckmessung gestatten sollte. Solche Manometer, die der Verfasser Manoskope nennt, weil sie nur dem Zwecke dienen, ein Druckgleichgewicht zu konstatiren, werden in verschiedenen Formen verwendet, welche weiter unten beschrieben sind.

Um den Druck nur einen Augenblick auf das Manoskop einwirken zu lassen, war zwischen der bis ins Innere des Ballons reichenden Röhre (diese Röhre hatte übrigens sehr verschiedene Form, um zu konstatiren, dass die Druckvertheilung im Innern des Ballons überall die gleiche sei) und dem Manoskop ein einfach durchbohrter, 6 *mm* weiter Hahn eingeschaltet. Dieser Hahn wurde, wie es Fig. 1 hervortreten lässt, durch eine Feder ϱ gespannt und durch eine Sperrvorrichtung $\beta\,\gamma$ in dieser Lage festgehalten. Im vollständig gespannten wie auch im entspannten Zustande (beide Lagen differiren um 180°) war der Hahn geschlossen. Nur wenn er sich bei gelöster Sperrvorrichtung, dem Zuge der

Feder folgend, schnell aus einer Lage in die andere bewegte, wurde die Verbindung zwischen Ballon und Manoskop für einen Bruchtheil der Sekunde freigegeben. Die Auslösung der Sperrvorrichtung geschah auf elektrischem Wege automatisch in dem Augenblicke, wenn der Kolben ganz in den Zylinder hineingedrückt war, also am Ende der Kompression.

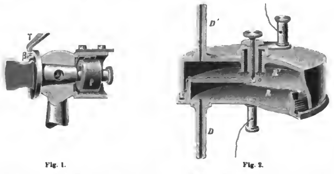


Fig. 1. Fig. 2.

Die erste vom Verfasser benutzte Form des Manoskopes war eine in zwei Kammern *R* und *R'* getheilte metallische Dose (Fig. 2), welche durch *D* und *D'* mit dem Manometer bezw. mit dem Innern des Ballons kommunizirte. Vor dem Versuche wurde nun in *R* der zu erwartende Enddruck $p + \Delta p$ hergestellt; dadurch wurde in Folge der auftretenden Deformation der elastischen Scheidewand bei *b* ein elektrischer Strom geschlossen, welcher eine Glocke in Bewegung setzte und so lange anhielt, bis auch in *R'* der Druck $p + \Delta p$ aufgetreten war.

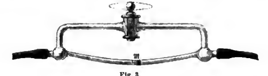


Fig. 3.

Die zweite Form des Manoskops war (Fig. 3) eine leicht gebogene Glasröhre, in welcher ein Wasser- oder Oeltropfen *m* die Verbindung zwischen der einen zum Ballon und der anderen zum Manometer führenden Seite absperrte (die Verbindung konnte durch die darüber liegende Hahnröhre wiederhergestellt werden). Die leichte Bewegung des Tropfens nach der einen oder anderen Seite gab die Richtung des hier oder dort herrschenden geringen Ueberdruckes an.

Die dritte Form ist noch einfacher. Hierbei ist (Fig. 4) der eine Schenkel des Manometers selbst benutzt, welcher zu diesem Zwecke durch den Stopfen *w* abgeschlossen ist. In diesen Schenkel mündet vom Ballon herkommend die Röhre *t*, vor deren Oeffnung ein leichtes Papierpendel *a* in der Manometerröhre aufgehängt ist. Ist nun in dieser geschlossenen Manometerröhre der zu erwartende Druck $p + \Delta p$ schon im voraus hergestellt, so wird bei wirklichem Vorhandensein dieses Druckes im Ballon das Pendel in Ruhe bleiben, sonst aber sich leicht bewegen. Diese Bewegungen können durch Vermittlung des kleinen Spiegels *m* vergrössert werden.

Fig. 4.

Bei der definitiven Form des Manoskops hat der Verfasser auch noch das Pendel beseitigt, nachdem er sich davon überzeugt hatte, dass das empfindlichste Anzeichen für einen Unterschied zwischen dem erwarteten und wirklich eingetretenen Druck ein schwaches Kräuseln der Oberfläche im abgeschlossenen Schenkel des Manometers war.

Alle diese Vorrichtungen dienen zur Bestimmung von dp_q. Die Ermittlung von dp_t erfolgte durch Rechnung unter Zugrundelegung der Kompressibilitätsversuche von Regnault und Amagat aus der Kenntniss der Volumina des Ballons und des Kompressionszylinders, die durch Wägung gefunden wurden.

Es ergab sich aus den Versuchen des Verfassers das Verhältniss der spezifischen Wärmen für

Luft	$\gamma = 1{,}3924$,
Kohlensäure	$\gamma = 1{,}298$,
Wasserstoff	$\gamma = 1{,}384$.

Schl.

Bestimmung der kritischen und Siede-Temperatur des Wasserstoffs.

Von K. Olszewski. *Phil. Mag.* **40.** *S. 202. 1895.*

Nachdem der Verfasser in einer früheren Arbeit den kritischen Druck des Wasserstoffs zu 20 Atmosphären bestimmt hatte, sucht er in der vorliegenden Veröffentlichung nunmehr auch die kritische Temperatur möglichst genau festzulegen. Seine dabei angewendete „Methode der Ausdehnung" beruht auf der Voraussetzung, dass, wenn man ein stark komprimirtes Gas sich unter seinem kritischen (oder Atmosphären-) Drucke ausdehnen lasse, die entstehende Flüssigkeit gerade die kritische (bezw. die Siede-) Temperatur habe.

Dass diese Voraussetzung richtig sei, wird durch eine besondere Untersuchung am Sauerstoff dargethan, dessen kritische Temperatur durch Messung mit einem Wasserstoffthermometer gleich $-118{,}8^\circ$ gefunden war; die Methode der Ausdehnung ergab die kritische Temperatur zwischen -118° und $-119{,}2^\circ$. Die Messung der Temperatur versuchte der Verfasser zunächst mittels Thermoelementen vorzunehmen; doch erwiesen sich diese Instrumente für den vorliegenden Zweck als durchaus unbrauchbar, einmal, weil sie wegen ihrer grösseren Masse nicht augenblicklich die herrschende Temperatur anzunehmen vermögen, dann aber, weil Thermoelemente zur Temperaturmessung nur zwischen solchen Grenzen verwendet werden können, zwischen welchen sie mit dem Wasserstoffthermometer verglichen sind, und keine Extrapolation erlauben.

Der Verfasser nahm deshalb seine Zuflucht zu Platinthermometern, die auf dem Prinzip der Widerstandsänderung eines Platindrahtes bei Temperaturänderungen beruhen. Solchen Thermometern konnte er eine geeignete Form dadurch geben, dass er sehr dünne Drähte (von 0,025 *mm* Durchmesser) verwendete, welche er in blankem Zustande auf eine speichenartige Rolle aufwickelte. Das ganze System wurde direkt in das zu verflüssigende Gas eingesenkt und zeigte gegen schnelle Temperaturänderungen eine hohe Empfindlichkeit. Mit einem solchen Instrumente konnte bis auf Bruchtheile eines Grades die kritische Temperatur des Wasserstoffs extrapolirt werden, nachdem dasselbe bei 4 Temperaturen: des schmelzenden Eises (0°), einer Mischung von fester Kohlensäure mit Aether ($-78{,}2^\circ$), flüssigem unter Atmosphärendruck siedenden Sauerstoff ($-182{,}5^\circ$) und bei 15 *mm* Druck siedendem Sauerstoff ($-208{,}5^\circ$) mit einem Wasserstoffthermometer verglichen war.

Die Versuche des Verfassers ergaben für den bei

20 Atmosphären (kritischer Druck)	sich ausdehnenden Wasserstoff die Temperatur	$-234{,}5^\circ$
10 „	„ „ „ „ „	$-239{,}7^\circ$
1 Atmosphäre (Atmosphärendruck)	„ „ „ „ „	$-243{,}5^\circ$

Demnach ist $-234{,}5^\circ$ als die kritische und $-243{,}5^\circ$ als die Siede-Temperatur des Wasserstoffs zu betrachten. *Schl.*

Dunkeles Licht.

Von Gustave Le Bon. *Compt. rend.* **122.** *S. 188 u. 233. 1896.*

Durch das Bekanntwerden der Röntgen'schen Versuche[1]) veranlasst, theilt der Verfasser Versuche aus den letzten zwei Jahren mit, welche den Durchgang von *gewöhnlichem Licht* durch undurchsichtige Körper zum Gegenstand haben.

[1]) Unsere Leser finden im *Beiblatt Nr. 4* eine ausführliche Mittheilung über die Röntgen'schen Strahlen. Die Red.

In einem gewöhnlichen Kopirrahmen wird eine empfindliche Platte unter ein Negativ gelegt; über dem Negativ befindet sich eine dünne Eisenplatte, welche die Vorderseite des Rahmens vollständig bedeckt; setzt man nun den Rahmen etwa drei Stunden dem Licht einer Petroleumlampe aus und entwickelt dann die empfindliche Platte sehr kräftig bis zum vollständigen Schwarzwerden, so erhält man auf ihr ein schwaches, aber sehr deutliches Bild. Noch bessere Resultate erhielt der Verfasser bei folgender Abänderung der vorigen Versuchsanordnung. Hinter die empfindliche Platte wird eine Bleiplatte gelegt, deren Ränder um die auf dem Negativ liegende Eisenplatte herumgebogen werden, so dass Negativ und empfindliche Platte in einem metallischen Kästchen vollständig eingeschlossen sind. Sonnenlicht unterscheidet sich in seiner Wirkung nicht wesentlich von dem Licht einer Petroleumlampe.

In der zweiten in der Ueberschrift erwähnten Mittheilung macht Le Bon nochmals besonders darauf aufmerksam, dass zum Gelingen der Versuche eine sehr empfindliche Platte zu verwenden ist.

Wärmestrahlen spielen bei der Entstehung der Diapositive keine Rolle, wie dadurch nachgewiesen wurde, dass man eine empfindliche Platte nebst dem darauf liegenden Negativ 12 Stunden lang im Dunkeln auf 50° C. erwärmte, ohne dass eine Spur von einem Bild entstanden wäre. Auf eine Fehlerquelle ist bei Wiederholung der Versuche besonders zu achten. Die Negative enthalten nach Angabe von Le Bon *aufgespeichertes* Licht und erzeugen im Anfang, bis sie sich erschöpft haben, im Dunkeln stets ein positives Bild auf empfindlichen Platten, die mit ihnen in Berührung sind. Zu den eigentlichen Versuchen wurden deshalb nur solche Negative benutzt, die, einen Tag mit den Trockenplatten im Dunkeln in Berührung, auf den letzteren keine Spur eines Bildes mehr erzeugten. Wenn dieselben Negative nachher bei der Belichtung unter Zwischenschaltung undurchsichtiger Platten ein Bild geben, so kann diese Erscheinung nur durch Strahlen hervorgerufen sein, welche die undurchsichtige Hülle durchsetzt haben, und die Le Bon deshalb als *lumière noire* bezeichnet.

Der Pariser Akademie wurden einige Negative vorgelegt, die durch Metallplatten von 0,5 *mm* Dicke hindurch aufgenommen waren. Aluminium ist für die dunkelen Strahlen sehr durchlässig, ebenso Kupfer, Eisen dagegen weniger und Zink, Silber und Zinn sind es nur in sehr geringem Grad. Besonders *undurchlässig* ist trotz seiner geringen Dicke (etwa 0,02 *mm*) das schwarze Papier, in das die Schachteln mit photographischen Platten gewöhnlich eingewickelt werden. Die Röntgen'schen Strahlen gehen durch das letztere gerade sehr leicht hindurch. Der Verfasser stellt weitere Versuche auf diesem Gebiete in Aussicht. *Lck.*

Apparat zur Demonstration der Linsenwirkung.

Von K. Haas. *Zeitschr. f. phys. u. chem. Unterr. 8. S. 266. 1895.*

Auf einem metallenen Dreifuss ist ein prismatisches Gefäss drehbar befestigt. Seine längeren Seitenwände sind aus Glas, die Stirnflächen hingegen undurchsichtig, aber mit Fenstern versehen, welche dem Lichte den Durchgang gestatten. Vor den Fenstern befinden sich Falze zum Einsetzen adiathermaner Gläser. In dem Gefässe sitzen zwei hohle Linsen, eine bikonvexe und eine bikonkave, die oben und unten Ansatzröhren tragen, die durch die Decke und den Boden des Gefässes hindurchgeführt sind. In die oberen Röhren können Trichter zum Füllen der Linsen eingesetzt werden, während die unteren Röhren mit Abflusshähnen versehen sind. Auch an dem Gefäss ist ein Eingussstutzen und ein Abflusshahn angebracht. Füllt man die Linsen mit einer



lichtbrechenden Flüssigkeit und das Gefäss mit Rauch, so wirkt die Bikonvexlinse als Sammel- und die Bikonkavlinse als Zerstreuungslinse; füllt man aber das Gefäss mit der Flüssigkeit, so wirken die Linsen umgekehrt. Der Apparat hat vor den optischen Kammern von Mach und Kolbe (Lehmann-Frick II *S. 672*) den Vortheil, dass man die Medien von Linse und Umgebung mit einander vertauschen kann, aber den Nachtheil, dass die Linsen nicht verschiebbar sind. Der Apparat wird von der Firma Alois Pichler's Witwe & Sohn (Wien V, Margaretenplatz 2) angefertigt. *H. H.-M.*

Neu erschienene Bücher.

Handbuch der Vermessungskunde. Von Prof. Dr. W. Jordan. Erster Band. Ausgleichungsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate. Vierte verbesserte und erweiterte Auflage. 1894 und 1895. Stuttgart. J. B. Metzler. X, 574 und [21] S. mit Figuren. Preis 12 M.

Dem bereits früher erschienenen und in *dieser Zeitschr.* **9.** *S. 266. 1889* besprochenen zweiten Bande dieses vortrefflichen Werkes ist nunmehr der erste Band in zwei Lieferungen gefolgt. Von vornherein wollen wir unser Urtheil dahin abgeben, dass, wie die drei ersten Auflagen, eine nach der anderen, stufenweise Verbesserungen aufzuweisen hatten, auch die vorliegende vierte Auflage sich gegen ihre Vorgängerin wieder als eine wesentliche Erweiterung und Verbesserung darstellt. Dies drückt sich schon in dem äusserlichen Umstand aus, dass, trotzdem ein ganzes Kapitel weggelassen ist, den 361 + [10] Seiten der dritten Auflage 574 + [21] Seiten der neuen Auflage gegenüberstehen. Was die inneren Vorzüge betrifft, so hat die Anordnung des Stoffes an Uebersichtlichkeit gewonnen, die ganze Behandlungsweise ist eine abgeklärtere geworden, den Literatur- und geschichtlichen Nachweisen ist eine erhöhtere Aufmerksamkeit gewidmet, und der Fachmann ist dadurch in den Stand gesetzt, die Entwicklung der einzelnen Theorien historisch zu verfolgen.

Die Disposition des Bandes hat sich wesentlich verändert. Die Einleitung und das erste Kapitel sind dieselben geblieben. Es folgt also den einleitenden Bemerkungen über die Geschichte der Methode der kleinsten Quadrate, die zu einer anregenden historisch-philosophischen Abhandlung erweitert worden sind, im ersten Kapitel die allgemeine Theorie der kleinsten Fehlerquadratsumme, der grundlegende Theil der Ausgleichungsrechnung. Ausser mancherlei Aenderungen ist in diesem Kapitel neu hinzugekommen § 48, günstigste Gewichtsvertheilung bei der Ausgleichung bedingter Beobachtungen (Schreiber'scher Satz), und daran anschliessend der von Runge herrührende Beweis des Satzes An das erste Kapitel schliesst sich, abweichend von der früheren Anordnung, in Kapitel II die Ausgleichung der Triangulirungsnetze. Dieser Abschnitt ist wesentlich umgearbeitet worden. Die vom Verf. geleitete Vermessung der Stadt Hannover lieferte ihm die praktischen Beispiele für die vorgetragene Theorie. Diese Anwendung der Theorie an der lebendigen Praxis ist für den Studirenden lehrreich und erleichtert das Studium sehr; es muss auch besonders hervorgehoben werden, dass Verf. seine Anleitungen in geschickter und praktischer Weise giebt. Die theoretischen Entwicklungen sind mehrfach erweitert worden. So hat die Ausgleichungsmethode nach Schreiber, an der Hand der „Elbkette“, eingehendere Darstellung als früher gefunden. Wichtig sind die Paragraphen, welche die zwischen dem Erscheinen der dritten und der neuen Auflage von Helmert veröffentlichte Methode der Netzausgleichung mit genäherten Richtungsgewichten behandeln, unter Benutzung von Heft I der „Europäischen Längengradmessung in 52 Grad Breite von Greenwich bis Warschau“. Hervorzuheben sind besonders noch die Betrachtungen über die Bedingungsgleichungen und die günstigste Wahl der Seitengleichungen im Viereck. Es folgt nun das Kapitel über Punktbestimmung durch Koordinaten-Ausgleichung welches in der früheren Auflage dem vorigen Kapitel voranging. Auch dieses Kapitel ist ganz erheblich erweitert worden und hat in praktischer und theoretischer Hinsicht sehr,



gewonnen. Die Beispiele für die Theorie liefert wiederum die Hannoversche Stadtvermessung und die hierbei gesammelten Erfahrungen geben Verf. Veranlassung zu mancherlei Winken. Dass Verf. einen ganzen Paragraphen (§ 105, Verschiedene Zahlenfragen) zur Betrachtung über die nothwendige Oekonomie bei praktischen Rechnungen, Vermeidung überflüssiger Dezimalen u. dgl. m. verwendet, wird jeder Fachmann mit Dank begrüssen; die hierbei gegebenen Rathschläge sind für den Studirenden höchst beachtenswerth.

Das folgende Kapitel IV, Theorie der Fehlerwahrscheinlichkeit, hat gleichfalls mancherlei Umarbeitungen und Erweiterungen erfahren. Hervorheben wollen wir nur die Theorie des Maximalfehlers, die am Schluss des Bandes unter den „Nachträgen" noch weiter entwickelt wird. Beachtenswerth erscheint uns die Bemerkung des Verfassers, dass die Behandlung einer grossen Anzahl von Messungen der Praxis nach der Theorie des Maximalfehlers Kriterien für gewisse Beobachtungsklassen (Höhere Geodäsie, einfaches Feldmessen, Aichwesen u. s. w.) abgeben und bei Festsetzung amtlicher Fehlergrenzen benutzt werden könnte.

Kapitel V, Genauigkeit der Triangulirungen, geschichtliche Abrisse, erscheint in ganz neuem Gewande. Unter Benutzung des vom Verf. in Gemeinschaft mit Steppes 1882 veröffentlichten Werkes „Deutsches Vermessungswesen" hat Verf. dies Kapitel zu einem anregenden und interessanten historischen Abriss über die Genauigkeit der Landesvermessungen von Snellius bis in die Neuzeit ausgebaut. Besonderes Interesse bietet der Abschnitt über die klassischen Arbeiten von Gauss. Vorausgeschickt werden Betrachtungen über die internationale Näherungsformel für den mittleren Winkelfehler und über verschiedene Berechnungen des mittleren Winkelfehlers. Die Lektüre dieses Kapitels wird jedem Fachmanne Genuss bereiten. Den Schluss des Werkes bilden einzelne Nachträge und ein Anhang, enthaltend Hülfstafeln.

Dass das in den früheren Auflagen behandelte Kapitel über Genauigkeitskurven und Fehlerellipsen weggelassen worden ist, um den Umfang des Bandes nicht zu gross werden zu lassen, wird vielfach bedauert werden. Verf. stellt jedoch eine besondere Ausgabe dieses Abschnittes in Aussicht.

Der vorliegende Band, welchem ein wohlgelungenes Bild des Altmeisters Gauss, als Huldigung zu dem hundertjährigen Jubiläum seiner Entdeckung der Methode der kleinsten Quadrate, vorangestellt ist, enthält somit wesentliche Erweiterungen und Verbesserungen gegen die frühere Auflage. Das Werk ist nicht allein für den Geodäten ein unentbehrliches Hülfsbuch, es muss auch dem Physiker und Metrologen, jedem, der mit Ausgleichungsrechnungen zu thun hat, warm empfohlen werden. *W.*

C. Neumann, Allgemeine Untersuchungen über das Newton'sche Prinzip der Fernwirkungen m. besond. Rücksicht auf die elektrischen Wirkungen. gr. 8°. XXI, 292 S. Leipzig, B. G. Teubner. 10,00 M.

W. C. Röntgen, Ueber eine neue Art von Strahlen. (Vorläufige Mittheilung.) (Aus: „Sitzungsber. d. Würzb. physik.-mediz. Gesellsch.") gr. 8°. 10 S. Würzburg, Stahel. 0,60 M.

A. Weiler, Neue Behandlung der Parallelprojektion u. der Axonometrie. 2. (Titel-) Ausg. gr. 8°. VII, 210 S. Leipzig, B. G. Teubner. 2,80 M.

A. Oberbeck, Ueber Licht u. Leuchten. Antritts-Rede. gr. 8°. 31 S. Tübingen, F. Pietzcker, 0,80 M.

E. Warburg, Lehrbuch der Experimentalphysik f. Studirende. Mit 104 Orig.-Abbildgn. im Text. 2. Aufl. gr. 8°. 1. Hälfte. XX, 208 S. Freiburg i. B., J. C. B. Mohr. 7,00 M.

Jahrbuch, Berliner astronomisches, f. 1898 m. Angaben f. die Oppositionen der Planeten (1) — (401) f. 1896. Hrsg. v. dem Rechen-Institute der Königl. Sternwarte zu Berlin unter stellvertr. Verantwortlichkeit v. P. Lehmann. gr. 8°. VIII, 480; 34, 8 u. 9 S. Berlin, F. Dümmler's Verlag in Komm. 12,00 M.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Redaktionskuratorium:

Geh. Reg.-Rath Prof. Dr. **H. Landolt**, Vorsitzender, Prof. Dr. **A. Westphal**, geschäftsführendes Mitglied,
Prof. Dr. **E. Abbe**, **H. Haensch**, Dr. **H. Krüss**.

Redaktion: Dr. St. Lindeck in Charlottenburg-Berlin.

XVI. Jahrgang.	April 1896.	Viertes Heft.

Optisches Drehungsvermögen des Quarzes für Natriumlicht[1]).

Von
E. Gumlich.

Bekanntlich verwendet man zur Prüfung der Angaben der in der Technik gebrauchten Polarisationsapparate zumeist Quarzplatten, welche aus einem optisch vollkommen reinen Krystallstück möglichst genau senkrecht zur Hauptachse geschnitten und planparallel geschliffen sein müssen. Derartige Platten sollten bei Berücksichtigung der Aenderung, welche die Drehung der Polarisationsebene des Lichtes in Folge von Temperaturschwankungen erleidet, bei gleicher Dicke stets identische Angaben liefern.

Neuerdings wurden nun aus den Kreisen der Technik und der Industrie vielfach Klagen über die Unzuverlässigkeit der Angaben dieser Normal-Quarzplatten erhoben, welche nicht ohne Weiteres als ungerechtfertigt von der Hand gewiesen werden durften, da umfangreichere systematische Untersuchungen über das Drehungsvermögen derartiger Krystalle, die unter Umständen auf ganz verschiedenem Urgestein entstanden sein können, bisher nicht vorliegen. Als daher auf Grund der grossen Bedeutung der Zuckerindustrie für Deutschland an die Physikalisch-Technische Reichsanstalt das Ersuchen gerichtet wurde, auch die Polarisationsapparate einer Prüfung und Beglaubigung zu unterziehen, erschien es zweckmässig, neben anderen Vorarbeiten hauptsächlich die Lösung der Frage anzustreben, „ob eine beliebige Anzahl vorschriftsmässig hergestellter Quarzplatten von möglichst verschiedener Dicke und möglichst verschiedenen Fundorten für eine bestimmt definirte Lichtart und eine bestimmte Temperatur stets die gleiche Drehung pro Millimeter Dicke ergiebt, und wie gross diese Drehung ist“. Als leicht zugängliche, für die Anwendung bequeme und doch hinreichend genau definirte Lichtart wurde das Natriumlicht gewählt.

Abweichungen von der normalen Drehung können nun hauptsächlich durch zwei verschiedene Ursachen hervorgebracht werden:

1. durch die verschiedene Beschaffenheit der drehenden Substanz,
2. durch eine fehlerhafte Bearbeitung der aus homogenem Material hergestellten Platten.

Was den ersten Punkt betrifft, so muss bekanntlich das zu den Platten zu verwendende Material einer sorgfältigen Prüfung auf seine optische Reinheit unterworfen werden. Nur äusserst selten werden nämlich Bergkrystalle gefunden, welche von jeder Zwillingsbildung frei sind, und doch sind nur diese als optisch rein zu bezeichnen.

[1]) Aus den *Wissenschaftlichen Abhandlungen der Physikal.-Techn. Reichsanstalt* **2.** *S. 201 bis 256. 1895* (Verlag von Julius Springer, Berlin) mitgetheilt vom Verfasser.

Zum Glück lassen sich aber auch bei ausgesprochenen Zwillingskrystallen, wenn sie nur hinreichend gross sind, meist einzelne Stellen finden, bei welchen das durch die krystallographische Hauptachse gekennzeichnete Hauptindividuum nicht mehr mit Zwillingsbildungen durchsetzt ist, und gerade diese Stellen hat der praktische Optiker für seine Zwecke sorgfältigst auszusuchen.

Mangelhafte optische Reinheit der Platten macht sich, wenn die Zwillingsbildungen nur an vereinzelten Stellen auftreten, dadurch geltend, dass diese Stellen bei den Messungen der Drehung mittels des Halbschattenapparates hell hervortreten bezw. ein wolkiges Aussehen des Gesichtsfeldes hervorbringen, was selbstverständlich die Sicherheit der Einstellung wesentlich beeinträchtigt. Bei vollständig unreinen Platten, wo die Zwillingsbildungen die ganze Platte durchsetzen, ist eine Messung überhaupt unmöglich, da bei jeder Stellung des analysirenden Nicols noch eine bedeutende Menge Licht durchgelassen wird. Diese Erscheinung wird stets eintreten müssen, wenn zwei oder mehrere Krystallindividuen derart verwachsen sind, dass ihre Hauptachsen eine gewisse Neigung gegen einander besitzen, da alsdann neben der Drehung der Polarisationsebene auch noch Doppelbrechung auftritt.

Zum Erkennen der Zwillingsbildungen bedient man sich wohl meistens des Nörremberg'schen Polarisationsapparates für reflektirtes Licht. Bei diesem wird durch eine geneigte Glasplatte das diffuse Licht des Himmels senkrecht nach unten auf einen horizontalen Spiegel reflektirt und gleichzeitig theilweise polarisirt.

Vom Spiegel zurückgeworfen, durchsetzt das Licht die Glasplatte, sowie ein über derselben befindliches Nicol'sches Prisma und gelangt in das Auge des Beobachters. Stellt man nun das Nicol auf Dunkelheit ein und legt eine senkrecht zur optischen Achse geschnittene Quarzplatte auf den Spiegel, so tritt keinerlei Färbung auf, wenn die Platte vollständig frei von Zwillingsbildungen ist, denn die Rotationsdispersion, welche das Licht beim Passiren der Quarzplatte auf dem Hinwege erleidet, wird auf dem Rückwege genau wieder aufgehoben. Dies ist dagegen nicht mehr der Fall, wenn die Platte Zwillingsbildungen enthält, deren optische Achsen nicht mit derjenigen des Hauptkrystalls zusammenfallen; derartige Stellen erscheinen dann lebhaft und, je nach der Dicke und der Achsenrichtung der Zwillingsindividuen, verschieden gefärbt. In der Technik werden deshalb solche Platten als *bunte* bezeichnet.

Selbstverständlich wurden alle in der Reichsanstalt verwendeten Platten vor der Messung der Drehung nach dieser Methode genau untersucht; um jedoch sicher zu gehen, prüfte man sie auch noch nach der sehr empfindlichen Töpler'schen Schlierenmethode[1]).

Es ergab sich, dass von den vorhandenen Platten nur wenige als absolut homogen angesehen werden durften; andererseits aber waren die Unreinheiten der meisten anderen offenbar nur sehr gering, abgesehen von einer einzigen Platte, die leider von der weiteren Untersuchung vollständig ausgeschlossen werden musste.

Der definitiven Erledigung der oben schon berührten Frage, ob auch Quarze, welche auf verschiedenem Muttergestein entstanden sind, genau das gleiche Drehungsvermögen besitzen, waren leider namentlich durch die Kostspieligkeit der Untersuchung gewisse Schranken gesetzt; indessen dürfte diese nothwendige Beschränkung für die Technik kaum eine nennenswerthe Bedeutung haben. Der Fundort der Krystalle nämlich, welche für die Technik fast ausschliesslich in Betracht kommen, ist

---

[1]) Töpler, *Pogg. Ann.* **127.** *S. 556* und **131.** *S. 33.* Vergl. auch Kundt, *Wied. Ann.* **20.** *S. 688* und *Wissensch. Abh. der* **P. T. R. 2.** *S. 206 bis 207. 1895.*

Brasilien, und zwar gelangen diese Krystalle meist in Gestalt von deformirtem Gerölle in den Handel, dessen Ursprung selbstverständlich nicht festgestellt werden kann. Nun ist es bei der Grösse des Fundgebietes gewiss kaum anzunehmen, dass die Mehrzahl dieser Krystalle auf demselben Muttergestein entstanden ist, und je grösser daher die Anzahl der aus verschiedenen Brasilianer Krystallen geschnittenen Platten ist, welche übereinstimmende optische Eigenschaften zeigen, mit um so grösserer Wahrscheinlichkeit wird man bei diesem Material überhaupt auf gleiches optisches Drehungsvermögen schliessen dürfen. Der Reichsanstalt standen im Ganzen 21 von der Firma Schmidt & Haensch zu Berlin gelieferte Platten aus Brasilianer Quarz von theilweise recht verschiedener Dicke zur Verfügung; dieselben zeigten sämmtlich innerhalb der geringen Beobachtungsfehler das gleiche Drehungsvermögen.

Ausserdem gelangte die Reichsanstalt in den Besitz mehrerer Quarze aus der Schweiz, aus Japan, aus Ceylon und aus den Marmorbrüchen von Carrara, deren Fundorte verbürgt werden konnten. Leider waren die aus den beiden letzteren Quarzsorten hergestellten Platten so stark von Zwillingsbildungen durchsetzt, dass sie von der Untersuchung ausgeschlossen werden mussten; dagegen ergab der Schweizer wie der Japaner Quarz nahezu das gleiche Drehungsvermögen, wie der Brasilianer Quarz.

Sollten die Messungen der Drehung den nothwendigen Grad von Zuverlässigkeit erhalten, so musste auch auf die Herstellung der Platten besondere Sorgfalt verwendet werden, und zwar sind dabei hauptsächlich zwei Bedingungen zu erfüllen: 1. die Platten sollen möglichst gut planparallel sein, 2. sie sollen möglichst genau senkrecht zur optischen Achse geschliffen sein.

In Bezug auf den ersten Punkt konnte das für den technischen Gebrauch hergestellte käufliche Material durchaus nicht genügen, denn bei sämmtlichen derartigen Platten betrug bei einem Durchmesser von 12 bis 15 *mm* der Dickenunterschied zwischen der dicksten und der dünnsten Stelle 3μ bis 20μ. Nun entspricht aber bei Anwendung von Natriumlicht einem Dickenunterschied von 1μ bereits eine Drehungsänderung von ca. $0^\circ{,}022$ ($0^\circ\ 1'\ 18''$); falls daher nicht stets genau dieselbe Stelle der Quarzplatte in die optische Achse des Polarisationsapparates gebracht wird, was in der Technik ziemlich schwer durchführbar sein dürfte, so werden wiederholte Messungen mit derselben Platte leicht Unterschiede von mehreren hundertel Graden liefern können, eine Grösse, die auch in der Technik bereits in Betracht kommt. Da es nun durchaus nicht ausgeschlossen ist, dass gelegentlich auch noch viel schlechter geschliffene Platten in den Handel kommen, so liegt die Möglichkeit nahe, dass ein Theil der Klagen über die Unzuverlässigkeit des Materials gerade auf die mangelhafte Planparallelität zurückzuführen ist.

Für die vorliegenden Untersuchungen übernahm es die Firma Schmidt & Haensch, deren weitgehendes Entgegenkommen mit Dank hervorgehoben werden muss, eine Anzahl möglichst tadelloser Platten von verschiedener Dicke (zwischen 1,2 und 10 *mm* Dicke) und einem Durchmesser von 50 bis 60 *mm* herzustellen. Von diesen an sich schon recht guten Platten wurden dann mit Hülfe eines optischen Verfahrens die besten Stellen ausgesucht und diese allein zu den Messungen benutzt; die Dickenänderung dieser meist 1 bis 2 *qcm* grossen Stellen betrug dann sicher nicht mehr als etwa $0{,}5\mu$.

Zur Untersuchung der Dickenänderung derartiger Platten empfiehlt sich besonders die Methode der Interferenzen mittels monochromatischen Lichtes, da ein einziger Blick genügt, um sich von der Beschaffenheit der Platte zu überzeugen und die

beste Stelle anszuwählen. Die hierzu verwendete Vorrichtung war direkt dem Abbe-Fizeau'schen Dilatometer entnommen.

Von der Kapillare C (Fig. 1) der mit Quecksilber gefüllten, H-förmigen Geissler'schen Röhre G, welche durch einen Ruhmkorff'schen Apparat zum Leuchten gebracht wird, wirft man durch die Linse L ein Bild auf ein kleines, total reflektirendes Prisma P, das sich im Brennpunkte der Linse M befindet. Die parallel austretenden Strahlen werden dann durch die beiden Prismen N und O zerlegt und mittels eines total reflektirenden Prisma T senkrecht nach unten auf die zu untersuchende Platte Q geworfen. Von dort reflektirt, gelangt das Licht auf demselben Wege zurück und wird mit dem auf die Platte eingestellten kleinen Fernrohr F beobachtet. Sind die einzelnen Theile des Apparats so justirt, dass z. B. gerade das von der grünen Quecksilberlinie ($\lambda = 0{,}000546$ *mm*) stammende Licht den oben erwähnten Weg durchläuft, so werden sämmtliche übrigen Strahlen die Platte nicht senkrecht

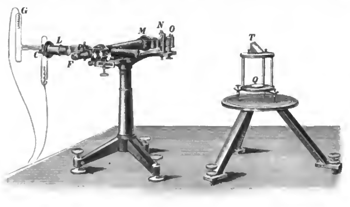


Fig. 1.

treffen und daher nach der Seite reflektirt werden. Die Fizeau'schen Interferenzstreifen, welche die Kurven gleicher Dicke bezeichnen, treten dann auch noch bei Platten von mindestens 20 *mm* Dicke ungemein scharf hervor.

Der Dickenunterschied an den Stellen der Platte, welche durch zwei benachbarte dunkele Interferenzstreifen markirt sind, beträgt nun eine halbe Wellenlänge, also $0{,}073\,\mu$, und es sind somit diejenigen Stellen der Platte die besten, bei welchen die Interferenzstreifen den grössten Abstand von einander besitzen.

Die absolute Dicke der ausgesuchten besten Stellen der Platten wurde auf zwei verschiedene Arten ermittelt, einmal mittels des Komparators unter Anwendung eines mit feiner Libelle versehenen Fühlhebels und eines Normalmaassstabs, dessen Theilungsfehler genau bekannt waren (diese Messungen hatte Herr Goepel, Assistent bei der Reichsanstalt, übernommen), sodann auch mittels eines von Bamberg in Friedenau hergestellten Dickenmessers[1]). Die Differenz der Messungsergebnisse nach beiden Methoden erreichte nur in einem einzigen Falle $2{,}5\,\mu$, war aber meist sehr viel geringer.

Von Wichtigkeit war es weiterhin, den Einfluss zu untersuchen, den eine etwas fehlerhafte Orientirung der Quarzplatte zur Krystallachse hervorruft, da hierüber nur sehr wenige Versuche vorliegen.

[1]) In Betreff der Konstruktion dieses Instrumentes vgl. *Wissensch. Abh. der P. T. R.* **2.** *S. 212.*

Zur Orientirung der Quarzplatten nach der Achsenrichtung bedienen sich die Optiker wohl meist noch des bereits von Soleil angegebenen Verfahrens, das auf der Beobachtung der sog. Airy'schen Spirale im konvergenten Lichte beruht. Bringt man nämlich beim Nörremberg'schen Apparate (vgl. S. 98) zwischen Glasplatte und Krystallplatte eine Sammellinse, so treten farbige Spiralen von genau derselben Art auf, wie sie erscheinen, wenn man eine Kombination von zwei gleich dicken Quarzen, von denen der eine rechts, der andere links dreht[1]), im durchgehenden konvergenten polarisirten Lichte betrachtet. Diese Spiralen erscheinen aber nur dann in den vier Quadranten gleich intensiv gefärbt, wenn die Platte wirklich senkrecht zur Achse geschliffen ist. Ist die Farbenvertheilung dagegen ungleichmässig, so muss die Platte an einer bestimmten Stelle etwas gekippt werden, bis die Erscheinung das gewünschte Aussehen gewinnt, und man kann somit aus dem Grade der Hebung auf den Winkel schliessen, den die Achsenrichtung mit der Plattennormale einschliesst. Dies Verfahren setzt jedoch einerseits eine beträchtliche Uebung in der Beurtheilung des Aussehens der Spirale voraus und gestattet andererseits doch kaum, eine grosse Genauigkeit zu erreichen. Thatsächlich ergab es sich, dass die von der Firma Schmidt & Haensch äusserst sorgfältig geschliffenen Platten mit wenigen Ausnahmen noch mit Achsenfehlern von 10' bis 15' behaftet waren, in einzelnen Fällen waren die Fehler sogar noch wesentlich höher. Auch die Anwendung des Hoffmann'schen bezw. Steeg & Reuter'schen Polarisationsmikroskops oder auch des von Hecht[2]) angegebenen Verfahrens dürfte wohl kaum zu genaueren Resultaten führen.

Nun ist bekannt, dass die Drehung der Polarisationsebene dann ein Minimum wird, wenn der Lichtstrahl den Quarz genau in Richtung der optischen Achse durchsetzt. Diese Erscheinung benutzten z. B. Soret und Sarasin[3]) zur Justirung ihrer Quarzplatten, und es lag nahe, auch im vorliegenden Falle dasselbe Verfahren zur systematischen Ermittelung der wirklichen Lage der optischen Achse zu verwenden; dasselbe führte jedoch nicht zu einem befriedigenden Resultate. Es musste deshalb eine andere Methode zur Bestimmung der Achsenlage aufgesucht werden; dies gelang auf folgendem Wege.

Wir nehmen zunächst an, zwischen den beiden Nicols Q_1 und Q_2 (Fig. 2), deren Hauptschnitte senkrecht zu einander stehen, sei eine optisch einachsige Krystallplatte P eingeschaltet, welche nur die Erscheinung der Doppelbrechung, nicht aber diejenige der Drehung der Polarisationsebene zeigt, und zwar möge die optische Achse der Platte genau mit der Plattennormale zusammenfallen. Auf das Nicol Q_1 möge nahezu paralleles, monochromatisches Licht fallen, hinter dem Nicol Q_2 befinde sich das Beobachtungsfernrohr U. Vergrössert man nun den Einfallswinkel φ des Lichtes allmählich, indem man die Platte um eine vertikale, durch R gehende Achse dreht, so wird man bei einem bestimmten Einfallswinkel, dessen Grösse von der Dicke der Platte abhängt, das Gesichtsfeld von einem starken, dunkelen Interferenzstreifen durchzogen finden. Derselbe wird dadurch hervorgerufen, dass der ordentliche Theil DB des Strahles GD und der ausserordentliche Theil CB des Strahles FC sich gegenseitig vernichten. Dreht man nun die Platte in ihrer eigenen Ebene um die Plattennormale als Achse, so bleibt in diesem Falle, da die Krystallachse mit der Plattennormale zusammenfällt, auch die Richtung der ausserordentlichen Strahlen vollkommen

[1]) vgl. z. B. Neumann, *Theoret. Optik. Vorles. XIII.*

[2]) Hecht, *Wied. Ann.* **20.** *S. 426.*

[3]) Soret et Sarasin, *Sur la polarisation rotatoire du quartz, Genève 1882.*

unverändert; in Folge dessen wird auch der anvisirte Interferenzstreifen bei dieser Drehung der Platte seine Lage unverändert beibehalten.

Dies ist jedoch nicht mehr der Fall, wenn die Krystallachse mit der Plattennormale, um welche die Drehung stattfindet, einen kleinen Winkel ν einschliesst. Dann beschreibt nämlich die optische Achse bei der Drehung einen Kegelmantel mit dem Oeffnungswinkel 2ν, und da die Richtung des ausserordentlichen gebrochenen Strahls von der jeweiligen Richtung der Achse abhängt, so ändert sich während der Drehung der Platte fortwährend der Gangunterschied der interferirenden Strahlen. In Folge dessen wird sich bei der Drehung der Platte um 360° der Interferenzstreifen von der einen Seite des Gesichtsfeldes nach der anderen Seite hin verschieben und dann wieder zur ursprünglichen Lage zurückkehren. Es ist leicht zu übersehen, dass den beiden extremen Lagen des Streifens diejenige Stellung der Achse entspricht, bei welcher der ausserordentliche und der ordentliche Strahl den kleinsten bezw. grössten Winkel mit einander bilden, bei welchen also mit anderen Worten der ordentliche, der ausserordentliche Strahl und die optische Achse in der Horizontalebene (der Ebene der Zeichnung) liegen. Will man andererseits einen anvisirten Interferenzstreifen trotz der Drehung der Platte um die Normale an der Stelle des Fadenkreuzes im Fernrohre festhalten, so hat man gleichzeitig stets den Einfallswinkel φ des Lichtes zu ändern. Hierdurch erhalten wir zwei Grenzwerthe φ_1 und φ_2 des Einfallswinkels, welche den beiden Lagen der optischen Achse in der Einfallsebene des Lichts entsprechen. Aus der Differenz dieser Werthe φ_1 und φ_2, die mit grosser Genauigkeit gemessen werden kann, lässt sich nun der Achsenwinkel ν rechnerisch bestimmen.

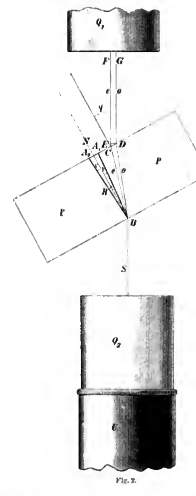


Fig. 2.

Es ergiebt sich nämlich in erster Annäherung die einfache Beziehung

$$\nu = \frac{1}{n_o} \cdot \frac{(\varphi_1 - \varphi_2)}{2},$$

wenn n_o den Brechungsexponent des Krystalls für den ordentlichen Strahl bezeichnet[1]).

Diese Beziehung gilt auch direkt für den Quarz, falls der Einfallswinkel φ hinreichend gross gewählt wird, denn dann wirkt auch der Quarz nur noch als doppelbrechende und nicht mehr als drehende Substanz. Eine Untersuchung der bei An-

[1]) In Betreff der Ableitung dieser Formel sowie des zweiten Näherungswerthes vgl. *Wissensch. Abh. der P. T. R. 2. S. 216 bis 219.*

wendung der obigen Näherungsformel zu erwartenden Fehler ergiebt, dass dieselben 1' nicht übersteigen werden, wenn man diejenigen Interferenzstreifen benutzt, welche bei einem Einfallswinkel von 20° bis 25° auftreten. Wünscht man jedoch eine grössere Genauigkeit zu erhalten, so hat man grössere Einfallswinkel zu nehmen, muss jedoch dann den Achsenwinkel nach einer strengeren Formel[1]) mit Hülfe mehrerer Annäherungsrechnungen ermitteln.

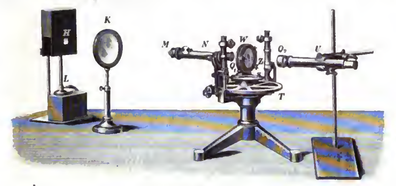


Fig. 3a.

Der zur Bestimmung der Achsenfehler verwendete Apparat ist in Fig. 3a, b, c abgebildet.

Von einer durch den Landolt'schen Natriumbrenner L beleuchteten Oeffnung im Diaphragma H wird durch die Sammellinse K ein Bild auf den Spalt M geworfen, der sich ungefähr im Brennpunkt der Kollimatorlinse N befindet. Das Kollimatorrohr, vor dessen Objektiv das Nicol Q_1 angebracht ist, wird von einem Abbe'schen Spektrometertischchen T getragen, in dessen Peripherie sich ein Theilkreis bewegt, welcher Sekunden abzulesen gestattet. In der Mitte des Theilkreises, und mit diesem fest verbunden, befindet sich der feste Ring V (Fig. 3b), welcher durch die Schraube Z um eine horizontale Achse geneigt werden kann, während er sich gleichzeitig mit dem Theilkreise um eine vertikale Achse drehen lässt. Dieser feste Ring dient einem beweglichen Ringe W zur Führung, welcher den festen Ring umfasst und auf dem der Untersatz der Quarzplatten festgeschraubt wird. Der

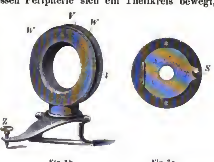


Fig. 3b. Fig. 3c.

Plattenuntersatz (Fig. 3c) besteht aus zwei mit konzentrischen Oeffnungen versehenen Messingplatten, welche durch ein Scharnier derart verbunden sind, dass die obere Platte mit Hülfe der Schraube S[2]) um einen beliebigen Winkel gegen die untere

[1]) Vgl. *Wissensch. Abh. der P. T. R.* **2.** *S. 219.* (10).

[2]) Diese Schraube S bleibt für gewöhnlich fest angezogen und kommt nur dann zur Verwendung, wenn es sich darum handelt, experimentell zu prüfen, ob der Achsenwinkel ν richtig bestimmt ist, und ausserdem auch noch, wenn die Quarzplatte auf dem Polarisationsapparate so gerichtet werden soll, dass der einfallende Lichtstrahl die Quarzplatte immer in der Achsenrichtung durchsetzt. (Vergl. weiter unten.)

geneigt werden kann. Auf der oberen Platte wird vor der Oeffnung (mit Hülfe von in der Zeichnung nicht angegebenen Klemmschrauben) die Quarzplatte befestigt. Das auf unendlich eingestellte Beobachtungsfernrohr U trägt das zweite Nicol Q_2, dessen Polarisationsebene senkrecht zu derjenigen des Nicols Q_1 steht.

Zunächst stellt man nun die Quarzplatte mit Hülfe der vertikalen und horizontalen Achse des Ringes V senkrecht zum einfallenden Lichtstrahl, was sich mittels eines bei M angebrachten Gauss'schen Okulars leicht ermöglichen lässt. Sind nun die Ringe V und W gut auf einander abgeschliffen und sind die aufgeschraubten Messingplatten planparallel, so darf bei einer Drehung des beweglichen Ringes in seiner Ebene um 360° das Spaltbild des Gauss'schen Okulars seine Lage nicht ändern[1]). Die so bestimmte Nulllage der Quarzplatte wird auf dem Theilkreise abgelesen. Nunmehr dreht man, unter gleichzeitiger Beobachtung durch das Fernrohr, den ganzen Aufsatz mit dem Theilkreise nach rechts oder nach links, bis der gewünschte Interferenzstreifen erscheint (mit anderen Worten, man ändert den Einfallswinkel φ), schraubt den Theilkreis fest und dreht den Quarz mit dem beweglichen Rahmen W in seiner Ebene. Hierbei wandert, falls die Krystallachse mit der Plattennormale nicht völlig zusammenfällt, der Interferenzstreifen über das Gesichtsfeld hin und her. Die beiden extremen Lagen treten dann ein, wenn die Quarzachse in der Einfallsebene des Lichtes liegt, und zwar muss man, wie leicht ersichtlich, den Rahmen gerade um 180° in seiner Ebene drehen, um von der einen zur anderen Lage zu gelangen. Man bringt nun den Interferenzstreifen in einer der beiden Lagen mit dem Fadenkreuze des Fernrohrs durch Vergrösserung des Winkels φ (also Drehung des Theilkreises mit dem Aufsatze) zur Deckung, und liest die Stellung des Theilstriches ab; diese Zahl liefert, von der Nullstellung an gerechnet, den Winkel φ_1. Sodann dreht man den Ring W um 180° in seiner Ebene, bringt wiederum den Interferenzstreifen mit dem Fadenkreuze zur Deckung, — diesmal durch Verringerung des Einfallswinkels φ_1 — liest die neue Stellung des Theilkreises ab und erhält so, von der Nullstellung an gerechnet, den Winkel φ_2.

Da die Einstellung auf die ziemlich breiten und, bei dünnen Platten, auch etwas verschwommenen Interferenzstreifen natürlich mit Fehlern behaftet ist, welche eine bis zwei Minuten erreichen können, so ist es zweckmässig, nicht nur einen, sondern mehrere Streifen zur Bestimmung des Achsenwinkels zu benutzen; ausserdem thut man gut, die Platte mit dem Theilkreis sowohl nach rechts, wie nach links aus der Nulllage zu drehen und immer auf die entsprechenden Streifen von gleicher Ordnungszahl einzustellen. Das folgende Beispiel möge ein Bild von der Anordnung und Genauigkeit der Messungen geben.

Gewöhnlich wurden für jede der untersuchten Quarzplatten 2 bis 3 derartige Messungsreihen ausgeführt; die Mittel derselben sind in der Tabelle I, S. 112 angegeben.

Es war nun erwünscht, die Richtigkeit der so ermittelten Achsenlage auch experimentell zu bestätigen; dies gelang auf folgendem Wege.

Schon früher war erwähnt worden, dass die Interferenzstreifen bei der Drehung der Platte in ihrer Ebene unbeweglich stehen bleiben, wenn die Krystallachse mit

[1]) Diese Bedingung ist jedenfalls mechanisch nur schwer vollkommen zu erfüllen, und ausserdem scheinen auch nachträgliche Verzerrungen nicht ausgeschlossen zu sein; beispielsweise war eine solche Vorrichtung, die speziell für den Polarisationsapparat hergestellt wurde, anfänglich gut justirt, gab aber später in Folge nachträglicher Veränderungen Ausschläge des Bildchens bis zu 6 Minuten. Derartige Fehler würden natürlich eine Berücksichtigung der Achsenlage ganz illusorisch machen; es ist deshalb nothwendig, diese Fehlerquelle vor jeder Messung genau zu kontroliren.

Quarzplatte Nr. 8.

I. Lage:

Nullpunkt: 66° 38′ 0″

Interf.-Streifen Nr.	Drehung rechts		Mittel	Drehung links		Mittel
	Hingang	Rückgang		Hingang	Rückgang	
26	103° 41′ 4″	103° 41′ 20″	**103° 41′ 12″**	28° 58′ 30″	28° 58′ 20″	**28° 58′ 25″**
27	104° 25′ 28″	104° 25′ 33″	**104° 25′ 31″**	28° 14′ 0″	28° 14′ 13″	**28° 14′ 7″**
28	105° 8′ 56″	105° 9′ 23″	**105° 9′ 10″**	27° 29′ 36″	27° 30′ 0″	**27° 29′ 48″**

Nullpunkt: 66° 37′ 13″;

I. Lage: Nullpunkt (Mittel): **66° 37′ 37″**.

II. Lage:

Nullpunkt: 66° 38′ 38″.

Interf.-Streifen Nr.	Drehung rechts		Mittel	Drehung links		Mittel
	Hingang	Rückgang		Hingang	Rückgang	
26	104° 17′ 18″	104° 17′ 33″	**104° 17′ 26″**	29° 33′ 32″	29° 34′ 20″	**29° 33′ 56″**
27	105° 1′ 50″	105° 2′ 34″	**105° 2′ 12″**	28° 49′ 11″	28° 49′ 56″	**28° 49′ 34″**
28	105° 45′ 42″	105° 46′ 15″	**105° 45′ 59″**	28° 6′ 26″	28° 6′ 26″	**28° 6′ 26″**

Nullpunkt: 66° 37′ 38″;

II. Lage: Nullpunkt (Mittel): **66° 38′ 8″**.

Hieraus folgt:

für $(\varphi_1 - \varphi_2)$ [(II. Lage, Mittel — Nullpunkt) — (I. Lage, Mittel — Nullpunkt)]

Streifen Nr.	Drehung rechts	Drehung links
26	0° 35′ 37″	0° 35′ 6″
27	0° 35′ 36″	0° 35′ 30″
28	0° 36′ 16″	0° 36′ 9″
$\varphi_1 - \varphi_2$: Mittel	0° 35′ 50″	0° 35′ 35″

0° 35′ 43″

$$\nu = \frac{1}{n_o} \cdot \frac{(\varphi_1 - \varphi_2)}{2} = 0° \; 11' \; 40''.$$

der Plattennormale zusammenfällt. Es lässt sich dies aber auch bei schräg zur Achse geschnittenen Platten erreichen, wenn man mit Hülfe der S. 103 Anm. erwähnten Schraube S die Krystallplatte um einen bestimmten Winkel gegen ihre Unterlage neigt, vorausgesetzt, dass die Schraube S und die Krystallachse in der Einfallsebene des Lichtes liegen. Dieser Winkel, um welchen die Quarzplatte gehoben werden muss, wird offenbar eine Funktion des rechnerisch ermittelten Achsenwinkels ν sein; setzt man ihn zunächst $= x\nu$ und bestimmt die Grösse x, so findet man[1]) $x = n_o$.

Wenn man also die Quarzplatte in der in Fig. 4 angegebenen Weise um einen Winkel kippt, welcher ungefährt $^3/_2$ mal so gross ist als der Achsenwinkel, so sollten die Interferenzstreifen bei einer Drehung um die zur Unterlage OP senkrechte Achse FH nahezu vollständig in Ruhe bleiben; dies hat sich auch experimentell in jedem Falle bestätigt.

[1]) *Wissensch. Abh. der P. T. R.* **2.** *S. 227 bis 228.*

Diese Thatsache giebt übrigens auch ein werthvolles Mittel an die Hand, die richtige Achsenrichtung ohne besondere Ueberlegung durch einen einfachen Versuch zu bestimmen. Hat man nämlich den Winkel ν ermittelt, den die Krystallachse mit der Plattennormalen einschliesst, so könnte die Achse in der Einfallsebene des Lichtes immer noch die Lage AB oder die Lage AB' haben (Fig. 5). Um dies zu entscheiden, klppt man die Platte vermöge der Schraube S um die bei C liegende Drehungsachse, und zwar um den Winkel $n_o\nu$[1]) und dreht nun die ganze Unterlage um die Achse $AE \perp DC$; bleiben dann die Streifen in Ruhe, so hat die Krystallachse die Richtung BA; vergrössert sich dagegen der Ausschlag der Streifen noch, so hat die

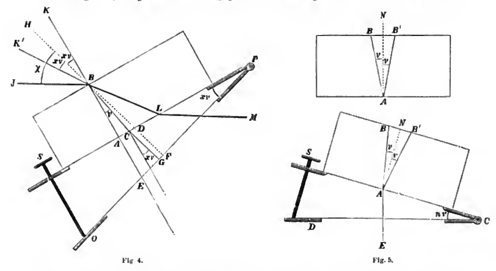


Fig. 4. Fig. 5.

Achse die Richtung $B'A$. Man muss dann die Krystallplatte *allein* um 180° in ihrer Ebene drehen, sodass nunmehr Punkt B' auf B fällt, um bei erneuter Drehung der Unterlage um die Achse AE keine Bewegung der Streifen mehr wahrzunehmen.

Es bleibt noch die Frage zu erledigen: Welche Lage muss die Plattenachse haben, damit bei den eigentlichen Drehungsmessungen das Licht den Quarz stets in der Richtung der optischen Achse durchsetzt? Genau dieselbe, bei der die Interferenzstreifen in Ruhe bleiben; die Platte muss also auch um den Winkel $n_o\nu$ gehoben sein. Der Lichtstrahl $JFBCM$ (Fig. 6) steht senkrecht auf der Unterlage OP, fällt also mit der Drehungsachse zusammen. Bei der Drehung um diese Achse beschreibt nun die Krystallachse einen Kegel, dessen halber Oeffnungswinkel $(n_o - 1)\nu$ ist; denselben Kegel beschreibt aber auch der ordentliche Strahl, denn der Einfallswinkel desselben ist ja $n_o\nu$, der Brechungswinkel also ν, d. h. gleich dem Achsenwinkel. Somit verläuft der ordentliche Strahl auch bei der Drehung stets in Richtung der Krystallachse, und da in dieser Richtung überhaupt nur ein Strahl auftritt, so gilt dies also für den Lichtstrahl überhaupt.

Zur Reduktion der Messungen, betreffend die Drehung der Polarisationsebene, bedarf man der Kenntniss des Temperaturkoeffizienten, d. h. der Abhängigkeit des

[1]) Die Bestimmung dieses Winkels lässt sich in leicht ersichtlicher Weise mit Hülfe der am Spektrometertischchen angebrachten Theilung sowie des Gauss'schen Okulars sehr genau ausführen.

Drehungsvermögens des Quarzes von der Temperatur. Bestimmungen dieses Koeffizienten sind bereits von verschiedenen Physikern ausgeführt worden; dieselben zeigen jedoch nicht unbeträchtliche Abweichungen von einander.

Es erschien deshalb wünschenswerth, die Bestimmung des Temperaturkoeffizienten für das kleine Temperaturintervall 0° bis 30°, welches für die vorliegende Arbeit speziell in Betracht kommt, nochmals durchzuführen.

Um zu entscheiden, ob der Temperaturkoeffizient für rechts- und linksdrehende Quarze dieselbe Grösse besitzt, wurde er für beide Arten in ganz analoger Weise gesondert bestimmt. Zu diesem Zwecke baute man aus den vorhandenen Platten zwei Säulen auf, und zwar eine rechtsdrehende von der Höhe 15,595 *mm* und eine linksdrehende von der Höhe 24,166 *mm*.

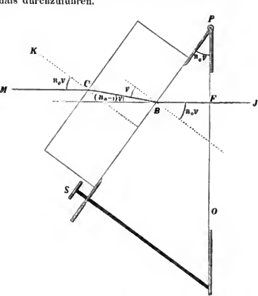


Fig. 6.

Die Temperaturen wurden an einem genau untersuchten, in 0°,1 getheilten Stabthermometer mit Hülfe eines Fernrohres abgelesen; die Ablesefehler überstiegen jedenfalls nicht 0°,005 und spielen den übrigen Fehlerquellen gegenüber keine Rolle.

Da es nicht möglich war, die Temperaturen dauernd völlig konstant zu erhalten, das Thermometer aber den Temperaturschwankungen selbstverständlich viel rascher folgt als eine ziemlich dicke Quarzsäule, so wurde, um einen möglichst gleichmässigen Gang in den Temperaturänderungen der Quarzplatten und des Thermometers zu erzielen, das Thermometergefäss in eine Anzahl konzentrischer Glasröhren eingeschlossen, deren gesammte Wandstärke 10 bis 12 *mm* betrug. Diese Glashülse befand sich stets ungefähr in gleicher Höhe mit den Quarzplatten und in möglichster Nähe derselben; die Strahlung der Lampen etc. wurde durch vorgesetzte Schirme thunlichst abgeschwächt. Aus den Versuchen geht hervor, dass das Thermometer nunmehr den Temperaturschwankungen sogar noch etwas langsamer folgt, als die Quarzplatten. Um den in Folge dessen bei den Messungen noch zu erwartenden Gang möglichst vollkommen unschädlich zu machen, wurde immer bei zunehmenden und bei abnehmenden Temperaturen beobachtet und erst das Mittel aus zwei derartigen zusammengehörigen Beobachtungen als richtig angesehen.

Die Messungen innerhalb des Temperaturintervalls 0° bis + 8° stellte man in dem Kälteraum der Reichsanstalt an, welcher mittels einer Linde'schen Kältemaschine langsam bis auf 0° abgekühlt werden kann, während seine Erwärmung durch ein mit dem Dampfkessel in Verbindung stehendes Heizregister ermöglicht wird. Die Messungen im Intervall + 8° bis 30° wurden in einem kleinen Beobachtungsraume des Observatoriums ausgeführt, der durch die Wasserheizung und, wo diese nicht

ausreichte, durch eine Anzahl im Zimmer vertheilter Bunsenbrenner auf die gewünschte Temperatur gebracht wurde; die Beobachtungen bei abnehmenden Temperaturen führte man in kalten Winternächten aus, bei denen sich durch Oeffnen von Thüren oder Fenstern eine langsame Temperaturabnahme erzielen liess. Die Temperaturänderungen während einer Reihe, die aus 5 Nullpunktseinstellungen, 10 Einstellungen nach Einschalten der Quarzplatten und 5 neuen Nullpunktseinstellungen bestand, erreichte im ungünstigsten Falle $0^0,3$ bis $0^0,4$, waren aber meist viel geringer. Um die von den Temperaturänderungen herrührenden Fehler möglichst gering zu halten, führte man die Einstellungen selbst möglichst rasch aus; der wahrscheinliche Fehler des Resultats einer Einstellungsreihe von 5 bis 10 Beobachtungen betrug etwa $0^0,005$ bis $0^0,010$.

Die graphische Aufzeichnung, bei welcher die Temperaturen als Abszissen, die beobachteten Drehungen als Ordinaten aufgetragen wurden, liess das Auftreten eines quadratischen Gliedes nicht vermuthen, da die Abweichungen von einer geraden Linie keinen ausgesprochenen Gang zeigten; es wurde daher zunächst jede der vier Beobachtungsserien unter der Annahme einer linearen Funktion $\varphi_t = \varphi_0 (1 + \alpha t)$ ausgeglichen; darin bezeichnet φ_t die beobachtete Drehung bei t^0, φ_0 die Drehung bei 0^0, und α den Temperaturkoeffizient.

Es ergab sich

für den rechtsdrehenden Quarz $\alpha = 0,000\,150\,6$,
„ „ linksdrehenden Quarz $\alpha = 0,000\,143\,5$.

Die Dezimalstelle, in welcher die Abweichungen zwischen diesen beiden Werthen auftreten, ist an sich bereits unsicher; eine Berechtigung, für den linksdrehenden Quarz einen anderen Temperaturkoeffizient anzunehmen, als für den rechtsdrehenden, lässt sich aus dem obigen Resultate also nicht ableiten. Wir haben vielmehr die Abweichungen auf die Beobachtungsfehler zurückzuführen und dürfen, da die wahrscheinlichen Fehler für beide nahezu die gleiche Grösse besitzen, das Mittel aus beiden Werthen als annähernd richtig ansehen, d. h. setzen

$$\alpha = 0,000\,147 \pm 0,000\,002.$$

Eine Ausgleichung nach der Formel

$$\varphi_t = \varphi_0 [1 + \alpha t + \beta t^2]$$

lieferte für den

rechtsdrehenden Quarz	linksdrehenden Quarz
$\alpha = 0,000\,1471$	$\alpha = 0,000\,1410$
$\beta = 0,000\,000\,178$	$\beta = 0,000\,000\,114$,

sodass im Mittel gesetzt werden kann

$$\alpha = 0,000\,144, \quad \beta = 0,000\,000\,146.$$

Aus der Summe der Fehlerquadrate ergiebt sich, dass die Beobachtungen durch diese quadratische Formel nicht wesentlich besser dargestellt werden, als durch die lineare.

Die absoluten Drehungsmessungen wurden ebenso, wie die Bestimmung des Temperaturkoeffizienten, mit Hülfe eines von der Firma Schmidt & Haensch zu Berlin gelieferten grossen Lippich'schen[1]) Halbschattenapparates ausgeführt. Bei A (Fig. 7) befindet sich eine Sammellinse von ca. 40 *cm* Brennweite, bei B der Polarisator; dieser besteht aus zwei Nicol'schen Prismen mit geraden Endflächen, von denen das eine

[1]) In Betreff dieser Apparate vgl. auch: Lippich, *Wiener Sitzungsber.* **85** (*IIa*). *1882*, **91** (*IIa*). *1885*, **99** (*IIa*). *1890*; ferner *Lotos, Neue Folge* **92.** *1880* und *diese Zeitschrift* **2.** *S. 167. 1882.*

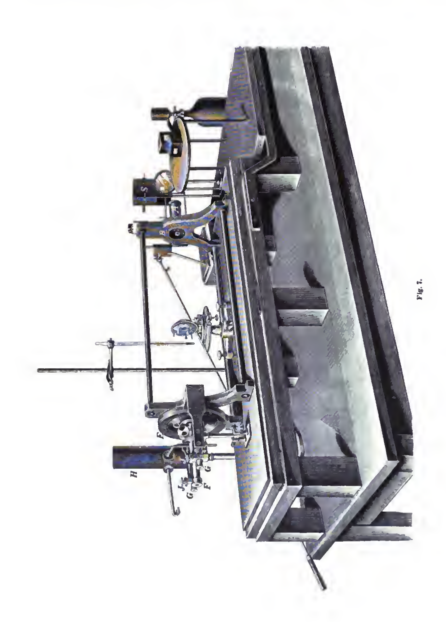


Fig. 7.

vor der einen Hälfte des zweiten liegt und etwas schräg gegen dasselbe geneigt ist, sodass bei richtiger Stellung der Lichtquelle die das Gesichtsfeld halbirende Kante als möglichst feine Trennungslinie der beiden Hälften des Gesichtsfeldes erscheint. Bei *C* befindet sich, ca. 80 *cm* von *A* entfernt und mit dem Theilkreise *EE* fest verbunden, der Analysator, bei *F* ein kleines Fernrohr, mit welchem das von einem Diaphragma begrenzte Halbschattenfeld *B* beobachtet wird. Die Peripherie des Theilkreises ist in 400° getheilt (*nicht in* 360°!) und jeder Grad wieder in 5 Unterabtheilungen; die beiden Mikrometermikroskope *G*, welche ebenso, wie die Theilung selbst, durch die beiden Lampen *H* mit gebogenen Glasstäben beleuchtet werden (Wolz'sches System), sind derartig eingerichtet, dass 100 Mikrometertheile einer Unterabtheilung des Theilstriches entsprechen; man kann somit ohne Schätzung noch 0°,002 ablesen. Eine grobe Verschiebung *J* und eine feine Verschiebung *K* gestatten eine rasche und sichere Einstellung.

Als Halter für die Quarzplatten diente ein mit Theilung und Nonius versehenes kleines Spektrometertischchen, das in seiner speziellen Einrichtung dem früher bereits beschriebenen Apparate nachgebildet war, mit Hülfe dessen die Fehler der Achsenrichtung bestimmt wurden. Mittels eines Gauss'schen Okulars, das man an Stelle des Fernrohres *F* einführt, lässt sich dann die Quarzplatte senkrecht zur optischen Achse des Polarisationsapparates stellen, während es andererseits die am Tischchen angebrachte Theilung in Verbindung mit der Schraube *S* (vgl. Fig. 3c) ermöglicht, die Quarzplatte so zu justiren, dass der Lichtstrahl auch bei einer Drehung des beweglichen Ringes in seiner Ebene (vgl. Fig. 3b) die Quarzplatte stets in Richtung der vorher ermittelten Krystallachse durchsetzt.

Möglichst nahe bei der Quarzplatte war ein Thermometer angebracht, dessen Stand mit dem Fernrohr abgelesen werden konnte; selbstverständlich wurden Thermometer und Quarzplatte vor der direkten Strahlung der verschiedenen Beleuchtungslampen durch Schirme geschützt.

Als Lichtquelle verwendete man zunächst den sogenannten Landolt'schen Natriumbrenner[1]). Man erhält mit demselben eine breite, ruhige Flamme, deren Hitze jedoch jedenfalls in Folge der Abkühlung am Netze nicht sehr bedeutend zu sein scheint. In Folge dessen ist die damit erzielte Helligkeit bei Anwendung von $NaCl$ oder Na_2CO_3 nur gering, und man muss den Winkel zwischen den Polarisationsebenen der beiden Halbschattennicols (Halbschattenwinkel!), der sich mit Hülfe einer einfachen Vorrichtung leicht ändern und messen lässt, ziemlich gross wählen (etwa 8° bis 10°), um noch eine genügende Helligkeit zur Einstellung zu erzielen. Bei Anwendung von $NaBr$ ist die Helligkeit allerdings wesentlich grösser, es treten hierbei jedoch ungemein störende Dämpfe auf, welche für den Beobachter wie für die weitere Umgebung unerträglich sind, wenn sie nicht durch einen direkten Schornsteinabzug entfernt werden. Ferner ist das Licht des Landolt'schen Brenners noch recht unrein, sodass schon bei Drehungen von 20° bis 30° in Folge der Rotationsdispersion nicht unerhebliche Färbungen der beiden Hälften des Gesichtsfeldes eintreten, während bei den in Aussicht genommenen viel stärkeren Drehungen die Einstellung ganz unsicher wird. Die Reinigung des Lichtes durch geeignete Absorptionsmittel, wie gefärbte Gläser, Kaliumdichromatplatten oder auch die von Lippich[2]) und von Landolt[3]) angegebenen Absorptionsflüssigkeiten ist mit dem Uebelstande verbun-

[1]) Vergl. Landolt, *diese Zeitschr.* **3.** *S. 125. 1883* und Müncke, *diese Zeitschr.* **2.** *S. 35. 1882.*
[2]) Lippich, *diese Zeitschrift* **12.** *S. 341. 1892.*
[3]) Landolt, *Sitzungsber. d. Berliner Akad. 1894.*

den, dass einerseits die an sich schon geringe Helligkeit noch wesentlich vermindert wird, andererseits aber die gemessene Drehung auch bei der gleichen Lichtquelle von der Natur des Absorptionsmittels abhängt. Es musste deshalb der Reinigung des Lichtes durch spektrale Zerlegung, für welche der Apparat ursprünglich allerdings nicht eingerichtet war, unbedingt der Vorzug gegeben werden.

Dies wurde dadurch erreicht, dass man zwischen Lichtquelle und Polarisationsapparat zwei Wernicke'sche Prismen mit Füllung von zimmtsaurem Aethyläther anbrachte, die bekanntlich eine sehr starke Dispersion besitzen.

Da nun hierbei die Breite des leuchtenden Spaltes nicht gross sein durfte, so musste eine wesentlich hellere Lichtquelle, als der Landolt'sche Natriumbrenner, zur Verwendung kommen. Als solche dienten Stangen aus geschmolzener Soda (6 *mm* dick), welche im Linnemann'schen Knallgasgebläse verbrannt wurden. Bei Anwendung derselben lieferte ein 1,5 *mm* breiter Spalt noch eine ausreichende Intensität für einen Halbschatten von 1° bis 2°.

Für die Messungen waren von der Firma Schmidt & Haensch zunächst 13 Platten aus Brasilianer Quarz geliefert worden, deren Dicke zwischen 1,2 *mm* und 10,5 *mm* variirte; von diesen wurden die mit Nr. 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8 und *N* bezeichneten auf ihre Achsenfehler hin untersucht; die Grösse der letzteren ist in der Zusammenstellung auf S. 112 angegeben.

Bei den fünf dünnen Platten Nr. 9, 10, 11, 12, 15 verzichtete man auf eine genaue Bestimmung der Achsenrichtung und beschränkte sich darauf, zu konstatiren, dass der Achsenfehler bei allen nicht so bedeutend war, dass er die Messungen wesentlich hätte beeinflussen können.

Bei den Messungen selbst verfuhr man folgendermaassen. Zunächst bestimmte man mit 5 bis 10 Einstellungen den Nullpunkt. Sodann wurde die Quarzplatte eingelegt und mittels des Gauss'schen Okulars senkrecht zum einfallenden Lichte ausgerichtet; in diesem Falle ging also das Licht nicht genau in Richtung der Krystallachse durch, da Plattennormale und Krystallachse nicht vollkommen zusammenfallen. Nachdem man nunmehr wieder eine Serie von 5 bis 10 Einstellungen ausgeführt hatte, drehte man die Platte vermittelst ihrer drehbaren Unterlage um 90°, 180°, 270° in ihrer Ebene, sodass sich die mit I, II, III, IV bezeichneten Stellen der Platte nach einander oben befanden (vgl. die Tabellen), und wiederholte die Messungen. Hierauf folgten wieder zwei Nullpunktsbestimmungen von je 5 bis 10 Einstellungen, worauf die ganze Messungsreihe in umgekehrter Reihenfolge (oben IV, III, II, I) durchgeführt und mit einer Nullpunktsbestimmung beendigt wurde. Eine derartige Doppelreihe von 60 bezw. 120 Einstellungen führte man womöglich ohne Unterbrechungen durch; bildet man dann die Mittelwerthe aus den entsprechenden Nulllagen und je zwei korrespondirenden Stellungen „oben I“, bezw. „oben II“ etc., so sind unter der Annahme, dass die Temperatur gleichmässig gestiegen und die Quarzplatte diesem Temperaturanstieg gleichmässig gefolgt ist, diese Mittelwerthe für die verschiedenen Stellungen der Platte direkt vergleichbar, denn die Messungen beziehen sich dann sämmtlich auf ein und dieselbe mittlere Temperatur. Thatsächlich zeigte es sich, dass diese Annahme bei der geringen Temperaturzunahme von höchstens einem Grad während einer Doppelreihe ziemlich berechtigt ist.

Sodann wurde die Platte mittels der früher beschriebenen Vorrichtung in eine derartige Lage gebracht, dass der Lichtstrahl stets genau in Richtung der Krystallachse durchging und dieselben Messungsreihen in der gleichen Reihenfolge durchgeführt, wie oben angegeben.

Bei der Vergleichung zweier entsprechenden Messungsreihen ergiebt sich nun sofort das Resultat, dass die Einstellungsfehler wesentlich geringer sind, wenn die Achsenlage berücksichtigt wird, als wenn dies nicht der Fall ist.

Dies ist jedenfalls dadurch zu erklären, dass im ersteren Falle neben der Erscheinung der Drehung der Polarisationsebene eine schwache Doppelbrechung auftritt, in Folge deren das ganze Gesichtsfeld etwas erhellt und die Empfindlichkeit der Einstellung geschädigt wird. Auf dieselbe Ursache dürfte auch die Erscheinung zurückzuführen sein, dass bei Berücksichtigung der Achsenlage die Werthe der für die Lagen „oben I, II, III, IV" gemessenen Drehung wesentlich besser übereinstimmen, als ohne Berücksichtigung derselben.

In den folgenden Tabellen sind nun die Fehler der Achsenrichtung, die Dickenmessungen und die Mittel der gefundenen Drehungswerthe, letztere auf die Tempe-

Tabelle I.
Drehung unter Berücksichtigung der Achsenlage (auf 20° C. reduzirt).

Platten-Nummer[1])	Achsen-fehler	Dickenmessung			Mittel	Drehung (Peripherie = 400°)		
		Komparator	Dickenmesser					
			Untersatz 4	Untersatz 6		B	R	$v = B - R$
8*	0° 12′ 29″	10,4974	10,4975	10,4963	**10,4971**	253,289	253,309	− 20
7	0° 15′ 52″	7,6124	7,6141	7,6148	**7,6138**	183,739	183,732	+ 7
6	0° 14′ 43″	6,4885	6,4910	6,4906	**6,4900**	156,627	156,613	+ 14
N*	0° 3′ 47″	5,0960	5,0986	5,0984	**5,0977**	123,003	123,015	− 12
5	0° 11′ 34″	3,5223	3,5219	3,5207	**3,5216**	84,990	84,981	+ 9
4	0° 9′ 53″	3,3557	3,3563	3,3546	**3,3555**	80,999	80,973	+ 26
3	0° 8′ 45″	1,9785	1,9800	1,9799	**1,9795**	47,773	47,768	+ 5
1*	0° 12′ 52″	1,2032	1,2047	1,2046	**1,2042**	29,055	29,059	− 4

Hieraus folgt bei der Ausgleichung:

Drehung pro *mm* Dicke = 24,1314 (Peripherie = 400°)
„ „ „ „ = 21,7182 ± 0,0005 (Peripherie = 360°).

Tabelle II.
Drehung ohne Berücksichtigung der Achsenlage (auf 20° C. reduzirt).

Platten-Nummer[1])	Dickenmessung			Mittel	Drehung (Peripherie = 400°)		
	Komparator	Dickenmesser					
		Untersatz 4	Untersatz 6		B	R	$v = B - R$
8*	10,4974	10,4975	10,4963	**10,4971**	253,316	253,357	− 41
7	7,6124	7,6141	7,6148	**7,6138**	183,793	183,766	+ 27
6	6,4885	6,4910	6,4906	**6,4900**	156,704	156,642	+ 62
5	3,5223	3,5219	3,5207	**3,5216**	84,995	84,997	− 2
4	3,3557	3,3563	3,3546	**3,3555**	80,974	80,988	− 14
3	1,9785	1,9800	1,9799	**1,9795**	47,779	47,777	+ 2
12	1,6129	1,6150	1,6150	**1,6148**	38,952	38,963	− 11
11*	1,6012	1,6025	1,6022	**1,6020**	38,641	38,666	− 25
10*	1,5767	1,5762	1,5770	**1,5766**	38,031	38,053	− 22
15*	1,4921	1,4936	1,4924	**1,4927**	36,022	36,028	− 6
9	1,4615	1,4658	1,4667	**1,4657**	35,367	35,376	− 9
1*	1,2032	1,2047	1,2046	**1,2042**	29,055	29,059	− 4

Hieraus ergiebt sich bei der Ausgleichung:

Drehung pro *mm* Dicke = 24,1359 (Peripherie = 400°)
„ „ „ „ = 21,7223 ± 0,0010 (Peripherie = 360°).

[1]) Die mit einem * versehenen Platten drehen rechts, die übrigen links.

ratur 20° bezogen, für die einzelnen Platten zusammengestellt; in der mit R bezeichneten Spalte finden sich die aus der Ausgleichung nach der Methode der kleinsten Quadrate folgenden *berechneten* Drehungswerthe, die Spalte v giebt die Abweichungen der berechneten von den beobachteten Drehungswerthen in tausendtel Graden.

Es ergiebt sich also als Resultat für die Drehung einer nach der Achse orientirten Quarzplatte von 1 *mm* Dicke bei einer Temperatur von 20° für reines Natriumlicht der Werth

21°,7182,

und zwar gilt derselbe sowohl für rechts- wie für linksdrehende Quarze; da sich nämlich zwischen dem Drehungsvermögen dieser beiden Arten kein Unterschied herausstellte, der ausserhalb der sehr engen Grenzen der Beobachtungsfehler lag, so konnten dieselben ohne Weiteres in die Ausgleichung mit einbezogen werden.

Die übrig bleibenden Fehler sind bei Tabelle I durchweg sehr gering, denn der grösste derselben beträgt (nach Reduktion auf eine Kreistheilung von 360°) nur 0°,023; ein derartiger Fehler tritt aber bereits auf, wenn bei der Dickenmessung ein Fehler von 1 μ begangen worden ist. Bedenkt man ferner, dass ein Fehler von 1° in der Temperaturbestimmung beispielsweise beim Quarz Nr. 4 eine Aenderung der Drehung um 0°,012, beim Quarz Nr. 8 sogar um 0°,038 zur Folge hat, so ergiebt die Ausgleichung direkt, dass selbst unter der Annahme, es seien gar keine Einstellungsfehler begangen worden, die Dickenmessungen sämmtlich auf Bruchtheile von 1 μ, die Temperaturmessungen auf Bruchtheile von 1° richtig sein müssen. Ebenso muss der Werth des Temperaturkoeffizienten ziemlich genau sein; da nämlich die Temperaturen, bei welchen die Messungen vorgenommen wurden, zwischen 14° und 26° schwankten, so würde sich die Anwendung eines fehlerhaften Temperaturkoeffizienten in der Ausgleichung deutlich geltend gemacht haben.

Es dürfte von Interesse sein, einige andere absolute Drehungsbestimmungen für Natriumlicht zum Vergleiche heranzuziehen.

Nach Stefan[1]) beträgt die Drehung einer 1 *mm* dicken Platte 21°,67; die Temperatur, für welche diese Grösse gelten soll, ist nicht angegeben, man wird also nicht fehlgehen, wenn man Zimmertemperatur, also ebenfalls etwa 20°, annimmt. Aus den Arbeiten von v. Lang[2]) folgen die beiden Werthe 21,661 und 21,724.

Joubert[3]) fand 21,723, Mascart[4]) erhielt mit einer Auswahl recht dicker Platten Werthe, welche bei einer Temperatur von 15° zwischen 21,713 und 21,741 schwanken; er selbst nimmt 21,730 an, was für eine Temperatur von 20° den Werth von 21,746 ergeben würde.

Sodann lassen sich aus der Arbeit von Soret und Guye über den Temperaturkoeffizienten des Quarzes bei niederen Temperaturen[5]) die Zahlen 21,7285 und 21,7177 berechnen.

Endlich finden Soret und Sarasin[6]) bei Platten von der Dicke von

	30 *mm*	37,5 *mm*	60 *mm*
Drehung pro *mm*	21,7279	21,7255	21,7209
	21,7296		21,7132.

---

[1]) Stefan, *Wien. Ber.* **50.** *S. 380. 1864*; und *Pogg. Ann.* **122.** *S. 631. 1864.*

[2]) v. Lang, *Wien. Ber.* **71** und **72.**

[3]) Joubert, *Compt. rend.* **87.**

[4]) Mascart, *Ann. de l'école normale* (2) **1.** *S. 208. 1872.*

[5]) Soret und Guye, *Compt. rend.* **115.** und **116.**

[6]) Soret und Sarasin, *Sur la Polarisation rotatoire du quartz, Genève 1882.*

Das Mittel aus diesen 5 letzten Werthen, 21,7234, ist fast identisch mit dem Werthe 21,7223, der sich aus der Ausgleichung Tab. II ergeben hat.

Ein Blick auf diese Ausgleichung zeigt, dass die übrigbleibenden Fehler allerdings wesentlich grösser sind als bei der Ausgleichung der Messungen, bei welchen die Achsenlage berücksichtigt wurde, aber der schliesslich sich ergebende Drehungswerth pro *mm* Dicke ist nur um 0°,004 grösser als der Sollwerth. Diese Differenz wird für die Technik sicher keine Bedeutung mehr haben, um so mehr, als die dort verwendeten Platten meist nicht dicker sind als 1,6 *mm*. Wichtiger ist die Thatsache, dass ohne gehörige Berücksichtigung des Achsenfehlers die Einstellungen recht beträchtlich von einander abweichen können, wenn man die Platte nach und nach um 360° in ihrer Ebene dreht. Man würde also bei einer nicht genau orientirten Platte ziemlich bedeutende Fehler erhalten können, wenn man die Drehung nur in einer einzigen Stellung der Platte messen wollte, und es ist deshalb anzurathen, überall da, wo eine genaue Orientirung der Platte nach der Krystallachse nicht möglich ist (wie in der Technik), die Platte allmählich in ihrer Ebene zu drehen und die Messungen wenigstens in 4 verschiedenen, um 90° von einander abweichenden Azimuthen auszuführen. Der Mittelwerth aus allen diesen Messungen wird dann annähernd konstant bleiben und dem wahren Drehungswerthe jedenfalls ziemlich nahe kommen, vorausgesetzt, dass der Achsenfehler innerhalb mässiger Grenzen (15' bis 20') bleibt.

Eine Probe auf die Genauigkeit des gefundenen Drehungswerthes ergab sich gelegentlich auf folgende Weise. Die Firma Schmidt & Haensch gestattete dem Verfasser die Benutzung sowohl einer aus Paris bezogenen als auch 6 von der Firma selbst mit besonderer Sorgfalt für die Technik ausgeführter Normalplatten, sämmtlich aus brasilianer Quarz, von ca. 1 *mm* Dicke und 15 *mm* Durchmesser. Eine Untersuchung der Planparallelität ergab für die Pariser Platte einen Dickenunterschied von nur 0,75 μ zwischen der dicksten und der dünnsten Stelle; bei den Platten von Schmidt & Haensch lag der Dickenunterschied zwischen den Grenzen 1,75 μ und 3,75 μ; die Platten waren also für technische Zwecke hinreichend genau gearbeitet.

Es wurden nun einerseits die Dicken dieser Platten mit Hülfe des der Anstalt gehörenden Dickenmessers (vergl. oben) an zwei verschiedenen Stellen der Skale (Untersatz 4 und 6) bestimmt, andererseits auch der Drehungswerth der Platten für Natriumlicht gemessen und aus diesem durch Division mit 21,7182 (dem Werthe der Drehung einer 1 *mm* dicken Platte) die Dicke in Millimeter direkt abgeleitet.

Die auf beiden Wegen ermittelten Plattendicken weichen im Maximum um 0,0011 *mm* von einander ab, meist bleibt die Differenz noch erheblich unter diesem Werthe.

Der Schliff der Quarzplatten aus Japan und der Schweiz war allerdings nicht so gut planparallel, wie bei den grossen Platten aus Brasilianer Quarz, doch konnte er an den besten Stellen auch für absolute Messungen noch genügen.

Es ergab sich

für den Schweizer Quarz (Dicke = 8,1977) als Drehung pro Millimeter 21,7225,
„ „ Japaner „ (Dicke = 8,2751) „ „ „ „ 21,7260.

Der letztere Werth ist allerdings etwas grösser, als der für die Brasilianer und Schweizer Quarze gefundene (den Maximalwerth lieferte der Brasilianer Quarz Nr. 4 zu 21,7252), doch dürfte es wohl kaum gerechtfertigt sein, aus der verhältnissmässig geringen Differenz auf ein anderes Drehungsvermögen des Japaner Quarzes zu schliessen, vielmehr wird diese Differenz jedenfalls noch auf Fehler in der Dicken-

messung, die nicht mit dem Komparator ausgeführt werden konnte, sowie auf Temperatureinflüsse zurückzuführen sein.

Wie dem auch sei, so viel ist sicher, dass diese kleine Differenz in der Technik keinerlei Rolle spielen würde.

Es mag übrigens noch erwähnt werden, dass auch Joubert (a. a. O.) bei seiner Bestimmung des Temperaturkoeffizienten Quarze von verschiedener Herkunft benutzte, welche in Bezug auf die absolute Drehung ziemlich identische Werthe geliefert zu haben scheinen.

Da sich bekanntlich mit zunehmender Temperatur und Dampfdichte die beiden *D*-Linien nicht unbeträchtlich verbreitern, und zwar asymmetrisch, so war es nicht ausgeschlossen, dass die Drehung, welche man bei Anwendung von Knallgasgebläse erhält, nicht vollständig übereinstimmt mit der Drehung, die eine wesentlich kältere Flamme liefert, wie z. B. der Landolt'sche Natrinmbrenner. Die zur Entscheidung dieser Frage angestellten Versuche ergaben jedoch innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler für beide spektral gereinigte Lichtquellen die gleiche Drehung. Ebenso erhielt man bei Reinigung des Lichtes eines Landolt'schen Natriumbrenners durch die von Lippich[1]) angegebenen Absorptionsmittel (Kalidichromatlösung in einer Schicht von 10 *cm* Dicke, Uransulfatlösung in einer Schicht von 1,5 *cm* Dicke) innerhalb der Beobachtungsfehler dieselbe Drehung, wie bei spektral gereinigtem Lichte; dagegen war die Drehung, welche man mit Hülfe des Spiritusgebläses von Herbert-Lehmbeck erhielt, dessen Licht ebenfalls durch die Lippich'schen Absorptionsflüssigkeiten gereinigt wurde, wesentlich geringer. Hieraus ergiebt sich deutlich, dass Absorptionsmittel irgend welcher Art nicht ohne eingehende Prüfung ihrer Einwirkung auf die Drehung zur Reinigung scheinbar monochromatischen Lichtes benutzt werden dürfen.

Ellipsograph (Type B).

Von

Clemens Riefler, Fabrik mathematischer Instrumente in Nesselwang und München.

Mit diesem Instrument können sowohl Kreise als auch alle Ellipsen von 0 bis 110 *mm* kleiner Halbachse und von 0 bis 35 *mm* Exzentrizität auf Papier mit Blei oder Tusche wie auch auf Metall oder Stein etc. mit der Reissnadel gezeichnet werden und zwar *in einem Zug, ohne abzusetzen.*

Beschreibung des Instruments. Das auf dem Prinzip des sogenannten Bion'schen Kreuzzirkels beruhende Instrument (vgl. d. Figur) stützt sich auf die drei Füsse *a*, *b* und *c* und besteht im wesentlichen aus den übereinander gelagerten, mit kreuzförmig zu einander stehenden Führungsschlitzen versehenen Metallplatten *p* und *p'*, in welchen die Schieber der Achsen *i* und *i'* bei der Drehung des Armes *e* sicher geführt hin- und hergleiten und dem Zeichenstift *z*, welcher am Ende der mit Millimetertheilung versehenen Zahnstange *ll* befestigt ist, eine zwangläufige Bewegung ertheilen.

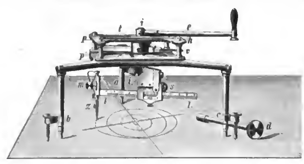
Durch einen an die Mutter der Schraubenspindel *v* anzusteckenden Schlüssel *d* lassen sich die Schieber mit den Achsen *i* und *i'* gegeneinander verschrauben, und

[1]) *Diese Zeitschrift* **12.** *S. 341. 1892.*

es kann dadurch die an der Millimetertheilung der Schiene t ablesbare *Exzentrizität der Ellipse* eingestellt werden.

In die Zahnstange ll greift ein Trieb ein, welcher durch den Spindelkopf s bewegt wird und zur genauen und bequemen Einstellung des Zeichenstiftes auf *die Länge der kleinen Halbachse der Ellipse* dient. Der Lagerträger der Zahnstange ll ist soweit seitlich von dem Schieber der Achse und unterhalb derselben angeordnet, dass der Zeichenstift z an die Klemme herangerückt werden kann, bis derselbe in der Verlängerung der Schieberachse i' liegt.

Bei dieser Stellung des Zeichenstiftes ist die Länge der kleinen Halbachse gleich Null, und wenn gleichzeitig die Exzentrizität auf Null eingestellt ist, d. i., wenn die Achsen i, i' und der Zeichenstift z übereinanderliegen und in eine Gerade fallen,



welche durch den Schnittpunkt der Ellipsenachsen hindurchgeht, *so zeichnet das Instrument Punkte;* ist jedoch die Exzentrizität eine andere als Null, *so zeichnet das Instrument gerade Linien.* Wenn endlich die Exzentrizität auf Null und die kleine Halbachse auf eine beliebige andere Länge eingestellt ist, *so zeichnet das Instrument Kreise.*

Gebrauch des Instruments. Um das Instrument auf der Zeichenfläche zu orientiren, wird zunächst die Theilung der Stange ll auf Null eingestellt und der Arm e genau in die Längsrichtung des Führungsschlitzes der Platte p gebracht, zu welchem Zweck der Anschlaghebel h etwas in die Höhe geklappt wird, an welchen sich dann der Arm e anlegt. Alsdann sucht man den Zeichenstift z (oder, wenn es sich um die grösste erreichbare Genauigkeit handelt, eine an dessen Stelle eingesetzte Zentrirnadel) mit dem Schnittpunkt der beiden Ellipsenachsen zur Deckung zu bringen, während gleichzeitig die Nadelspitze des Fusses a auf der grossen Ellipsenachse in den Zeichentisch eingedrückt wird. Zur weiteren Sicherung des Instruments gegen Verschiebung werden noch die Schrauben der Füsse b und c so weit eingeschraubt, bis die Nadelspitzen, in welche sie endigen, in den Zeichentisch eingedrungen sind. Für den Gebrauch des Instruments auf Metall oder Stein sind andere Einrichtungen gegen Verschiebung vorgesehen. Hieraus wird *an der Theilung ll die Länge der kleinen Halbachse und an der Theilung t die Exzentrizität* $\varepsilon = \alpha - \beta$, gleich der Differenz der beiden Halbachsen der Ellipse, mittels der vorhandenen Nonien eingestellt. Die Ellipse wird nun dadurch gezeichnet, dass man mit dem Arm e eine volle Umdrehung macht, nachdem zuvor der bis dahin arretirt gewesene Zeichenstift z durch entsprechende Drehung der Handmutter m auf die Zeichenfläche herabgelassen worden ist.

Neue Röhrenform zur Photographie mit Röntgen'schen Strahlen.

Von
H. Boas.
(Mittheilung aus dem Physikalischen Institut der Universität Kiel.)

Die Entdeckung Röntgen's, welche, abgesehen von ihrer physikalischen Bedeutung, für die Medizin von grossem Nutzen ist, da sie ermöglicht, im lebenden Körper das Knochengerüst photographisch zu fixiren und Fremdkörper nachzuweisen, hat mit Recht das weitgehendste Interesse auf sich gelenkt. Versuche, die ich im Januar im hiesigen Institut aufnahm, führten zu einer Röhrenform, welche ich im Folgenden beschreiben möchte. Ueber die Form seiner Röhren hatte der Entdecker in seiner vorläufigen Mittheilung nichts angegeben, sondern nur das Vorhandensein einer starken grünen Glasfluoreszenz als Bedingung für das Zustandekommen der Strahlung hingestellt und die Bemerkung gemacht, dass jene grünleuchtende Glasoberfläche als der Ausgangspunkt der Strahlung anzusehen sei. Die Röhre, welche ich zuerst anwandte und welche nach den bekannten Erfahrungen über die zur Kathodenoberfläche senkrechte Ausbreitung der Kathodenstrahlen gute Resultate erwarten liess, hatte eine hohlspiegelförmige Kathode; die Anode war in Scheibenform hinter der Kathode, also deren Konvexfläche zugewandt, angeordnet, um erstens das störende Anodenlicht im Gange der Kathodenstrahlung zu vermeiden und um zweitens das Zustandekommen von Kathodenstrahlung an der Kathodenrückwand zu verhindern. Die Kathode befand sich von der Glaswand in einer solchen Entfernung, dass ihr Krümmungsmittelpunkt auf die Glaswand fiel. Der Erfolg entsprach aber keineswegs den Erwartungen. Auf der Glaswand zeigte sich zwar bei höheren Drucken ein grüner Fleck, aber nur bei solchen Drucken, bei welchen die Kathodenstrahlen noch als helles, bläuliches Licht sichtbar sind. Im Innern dieses grünen Fleckes war aber die Glaswand dunkel, sodass der Fleck nur aus einem leuchtenden Ringe bestand, der viel grössere Ausdehnung besass, als er eigentlich haben sollte. Da mir anfänglich nur ein kleiner Induktor von 2 *cm* Schlagweite zur Verfügung stand, war es nicht möglich, den Druck stark zu erniedrigen, weil alsdann die Entladung überhaupt aussetzte. Photographien erhielt ich zwar mit dieser Röhrenform bei 2-stündiger Exposition, wenn sich die photographische Platte dicht unter dem Fleck befand, die Platten waren aber so stark unterexponirt, dass an eine Aufnahme grösserer Flächen mit diesem Apparat nicht zu denken war. Inzwischen stand der grössere Ruhmkorff'sche Induktor des Instituts, welcher einer Reparatur unterzogen worden war, wieder zu meiner Verfügung, aber meine Erwartungen auf bessere Erfolge sollten sich nicht bestätigen. Dieser grössere von Siemens & Halske verfertigte Induktor, hat nominell 10 *cm* Schlagweite; bei Anwendung sehr starken Stromes und eines Quecksilberunterbrechers liess sich dieselbe bis auf 12 bis 13 *cm* steigern; bei dauerndem Betriebe unter Anwendung eines Deprez'schen Unterbrechers kann man aber nicht gut über 7 bis 8 *cm* hinausgehen. Als ich mit diesem Induktor auch kaum bessere Resultate erhielt, konnte der Mangel nur an der Röhre liegen. Nach mehrfachen Versuchen mit Röhren nach dem von Lenard angegebenen Typus (kleine Kathodenscheibe mit röhrenförmig dieselbe umgebender Anode), welche schon bessere Wirkung ergaben, machte ich die Bemerkung, dass eine röhrenförmige Kathode aus ihrer Achse ein sehr intensives Bündel von Kathodenstrahlen austreten liess, welches eine ausserordentlich starke Glasfluoreszenz hervorrief und eine sehr gute Wirkung ergab. Die inzwischen von Geissler in Bonn in den Handel gebrachten Röhren waren dieser neuen Form erheblich unter-

legen. Ausserdem haftete allen diesen Röhren, vor allem aber der Form, welche auf die Versuche der Urania hin hergestellt wurden, ein prinzipieller Nachtheil an. Dieselben waren von grossem Durchmesser, ohne Zuhülfenahme eines Bleidiaphragmas wurden die Umrisse der damit erzeugten Photographien sehr unscharf. Bei Anwendung eines Diaphragmas geht aber der grösste Theil der gelieferten Strahlungsenergie nutzlos verloren. Die Hauptverbesserung, welche zunächst das Verfahren erfahren musste, lief also darauf hinaus, Röhren zu konstruiren, bei welchen man unter Ausnutzung der gesammten Strahlungsenergie doch eine scharfe Umrandung erhalten konnte. Von der scheibenförmigen Kathode ging ich, abgesehen davon, dass das Kathodenrohr unter Anwendung der sogenannten Querkathodenstrahlen eine grössere Energie lieferte, schon aus dem Grunde ab, weil die kleine Kathodenscheibe sehr heiss wird; beim Kathodenrohr kann die Oberfläche durch Verlängerung der Röhre beliebig gross gemacht werden, ohne dass das Kathodenbündel sich verändert. Wird eine Elektrode in einer Geissler'schen Röhre sehr warm, so giebt sie nach sorgfältigstem Auspumpen noch nach Tagen Gas aus, sodass die dauernde Erhaltung eines hohen Vakuums sehr erschwert ist. Um zu bewirken, dass eine röhrenförmige Kathode nur in der Achse ein Bündel von Kathodenstrahlen liefert, muss das Zustandekommen derselben an der äusseren Wandung des Rohres verhindert werden. Das einfachste Mittel zur Erreichung dieses Zweckes ist das Umgeben des Rohres mit einem Isolator, wozu am besten das Glasrohr, aus welchem die Röhre hergestellt wird, zu benutzen ist. Nach mannigfaltigen Versuchen mit den verschiedensten Röhrenformen stellte sich schliesslich ein Typus als der beste heraus, den ich in der Folge kurz als V-Röhre bezeichnen möchte.



In der nebenstehenden Figur ist eine solche Röhre dargestellt. Beide Elektroden sind röhrenförmig und können nach Belieben als Anode oder Kathode benutzt werden. Der strahlende Fleck hat bei der abgebildeten Form einen Durchmesser von 12 *mm*. Schnürt man die Glasröhrenwand dicht vor der Kathode zu einem engen Rohr zusammen, so lässt sich der am Knie liegende Strahlungspunkt mit Leichtigkeit ohne Energieverlust auf 4 bis 5 *mm* herunterbringen. In der Folgezeit wurden noch 2 andere Typen von Röhren konstruirt, bei welchen die Elektroden konzentrisch gelagert sind; dieselben bieten aber so eigenthümliche Erscheinungen dar, dass dieselben wissenschaftlich von grossem Interesse, für die Photographie aber nicht so gut brauchbar sind; infolge dessen behalte ich mir nähere Angaben über dieselben und die begleitenden Erscheinungen auf eine spätere Zeit vor.

Zum Schlusse möchte ich noch einige Angaben über den beim Evakuiren eingeschlagenen Weg machen, da es möglich ist, eine Röhre innerhalb $1^1/_2$ bis 2 Stunden so zu entleeren, dass dieselbe abgeschmolzen werden kann und das Vakuum sicher konstant bleibt. Zum Entleeren wurde ausschliesslich eine von mir konstruirte selbstthätige Quecksilberluftpumpe benutzt[1]). Der Gang des Auspumpens ist folgender. Die Röhren (eine oder gleich mehrere) werden in üblicher Weise an die Pumpe angeschmolzen, die Pumpe in Betrieb gesetzt und so lange sich selbst überlassen, bis kein Gas mehr entfernt wird. Lässt man jetzt die Entladung des Induktoriums hindurch-

[1]) Die Beschreibung dieser Pumpe folgt in einem der nächsten Hefte. — Die Red.

gehen, so giebt die Röhre sofort viel Gas aus, das sich spektroskopisch in der Hauptsache als Stickstoff herausstellt. Lässt man die Röhre nun längere Zeit an der Pumpe unter stetem Entleeren leuchten, so treten nach nicht langer Dauer im Bandenspektrum des Stickstoffs die Quecksilberlinien auf. Sobald diese Linien auftreten, fangen die Elektroden stark zu zerstäuben an. Lässt man die Röhre nun ruhig fortleuchten, so ist dieselbe in kurzer Zeit innen ganz geschwärzt und verdirbt dadurch. Deshalb wird die Röhre sofort nach dem Ingangsetzen des Induktors mittels eines grossen Bunsenbrenners stark erhitzt und mit dem Erhitzen so lange fortgefahren, unter stetem Pumpen und gleichzeitigem Durchgang der Entladung, bis das Vakuum den gewünschten Grad erreicht hat. Von Zeit zu Zeit ist auf das Auftreten von Quecksilberdampf mit dem Spektroskop zu achten; so lange derselbe vorhanden ist, muss stärker erhitzt werden, damit derselbe vollständig verschwindet.

Die Erwärmung ist nun soweit zu treiben, bis die Glaszersetzung beginnt und die Natriumlinie intensiv im Spektrum auftritt. Hat die Verdünnung dann den gewünschten Grad erreicht, so unterbricht man die Entladung des Induktoriums und schmilzt die Röhre in warmem Zustande sofort ab. Diese ganze Prozedur ist innerhalb $^3/_4$ Stunden erledigt. So hergestellte Röhren halten das Vakuum ganz sicher und das höchst lästige nachherige Zerstäuben der Elektroden fällt vollständig fort. Dasselbe scheint mit dem Vorhandensein von Quecksilberdampf Hand in Hand zu gehen. Mit Vortheil lässt sich übrigens statt der direkten Entladung des Induktoriums diejenige eines hochgespannten Wechselstromes von hoher Wechselzahl benutzen, wie dieselbe von einem Tesla'schen Transformator geliefert wird.

Referate.

Ein neuer Integrator.

Von A. Russell und H. H. P. Powles. *The Engineer S. 83. 1896.*

Von den neuern Apparaten zur mechanischen Integration (Integratoren oder Integraphen) ist, besonders der Kosten wegen, bis jetzt keiner in der Praxis recht durchgedrungen. Nur die einfachen, genauen und billigen *Flächenmesser*, das Amsler'sche Polarplanimeter und die Coradi'schen Planimeter, die sich aus ihm entwickelten, haben grosse Verbreitung gefunden. Und dies ist auch nicht verwunderlich; denn die *Flächenmessung* ist an sich die häufigste und deshalb technisch wichtigste mechanische Integration, und sodann lassen sich fast alle andern praktisch wichtigen Integrationen durch verhältnissmässig einfache Hülfskonstruktionen auf *Quadraturen* zurückführen. Wenn aber eine neue Integrationsmaschine so ausserordentlich einfach gebaut ist und desshalb, trotz nicht geringer Ansprüche an Genauigkeit, so leicht hergestellt werden kann, wie die der Verfasser der oben genannten anspruchslosen Notiz, so ist sie um so mehr allgemeinerer Beachtung werth.

In der That, wenn man von einem Polarplanimeter Welle mit Integrirrolle gelegentlich herausnehmen und in den Rahmen des hier beschriebenen Apparats einsetzen kann, so beträgt die ganze zur Herstellung dieses Apparates nothwendige Auslage kaum einige Mark. Das Instrument misst $\Sigma r\, d\varphi$, wenn r der Abstand eines Punktes einer Kurve von einem festen Punkt und φ der Winkel zwischen r und einer festen Geraden ist; es besteht aus einer geraden (hölzernen) doppelten (zangenförmigen) Zentralschiene, parallel zur Papierfläche, an deren einem Ende, unter einem zwischen den zwei Zangen befestigten Holzstücke, die Welle mit Integrirrolle sitzt (unter A der nebenstehenden schematischen Figur). Unmittelbar auf dieser Zentralschiene liegt ein Rahmen von der in der Skizze angedeuteten Form, wo-

A B C

bei A, B, C und die vier äussern Punkte einfache Gelenke sind (die stark gezogenen Stücke doppelt übereinander, sodass sie als Zangen die andern zwischen sich fassen) und die Punkte B und C als Stifte auf die Papierfläche herabragen; diese Stifte sitzen auf Holzstücken, die zwischen den beiden Zangen der Zentralschiene gleiten und dafür sorgen, dass die Punkte A (Achse der Integrirrolle), B und C in gerader Linie bleiben; der Punkt C wird als Pol festgestochen, der Fahrstift B auf dem Umfang der Kurve geführt. Jeder geschickte Schreiner kann den Apparat herstellen.

Die Konstante k des Apparats wird durch Führung des Fahrstifts B auf einem Halbkreis vom Halbmesser r bestimmt; ist der Unterschied der Rollenablesungen nach und vor der Durchfahrung A, so ist $k = \frac{\pi r}{A}$; wenn sich dann für ein beliebiges Kurvenstück als Ablesungsdifferenz A' ergiebt, so ist für dieses Kurvenstück: $\Sigma r\, d\varphi = k A'$.

Als Beispiele der Anwendung ihres Apparats führen die Verfasser an: die Auswerthung des elliptischen Integrals $\int_0^a \sqrt{1 - e^2 \sin^2 \varphi}\; d\varphi$ (mit Hülfe eines Kreises); die Auswerthung des wichtigen elliptischen Integrals $F(e, \varphi) = \int_0^a \frac{d\varphi}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 \varphi}}$ (mit Hülfe einer Ellipse von der Exzentrizität e); eine Aufgabe aus der Elektrizitätslehre u. s. f.

Selbstverständlich kann man auch das einfache Planimeter mit einigen Hülfskonstruktionen zur Bestimmung der oben angegebenen Summe $\Sigma r\, d\varphi$ anwenden, aber ein Instrument von der hier angegebenen einfachen Form ist weit vorzuziehen. *Hammer.*

Sirene.

Von H. Pellat. *Journ. de phys.* (3) **4.** *S. 366. 1895.*

Diese Sirene unterscheidet sich von der gewöhnlichen von Cagniard de La Tour dadurch, dass die Löcher senkrecht zu den Scheiben gebohrt sind, sodass der tonerzeugende Luftstrom nicht mehr gleichzeitig die Drehung hervorrufen kann. Diese Drehung wird bei dem vorliegenden Modell durch eine kleine Dynamomaschine bewerkstelligt, deren Gramme'scher Ring mit der beweglichen Scheibe auf der gleichen Achse sitzt. In dieser Weise ist es möglich, Höhe und Intensität des erzeugten Tones unabhängig von einander zu variiren. Zur Erreichung eines gleichförmigen Ganges sitzt auf der Drehungsachse eine als Bremse wirkende Kupferscheibe auf, welche sich zwischen den Polen zweier Elektromagnete bewegt, die in ihrer Gesammtheit einen fast geschlossenen magnetischen Kreis bilden. Ausserdem ist der Sirene ein nach gewöhnlicher Art konstruirter Tourenzähler beigegeben. *Schl.*

Vergleichung der absoluten Temperaturskale mit der normalen Skale und der Skale des Luftthermometers.

Von L. Houllevigue. *Journ. de phys.* (3) **4.** *S. 110. 1895.*

Der Verfasser leitet aus theoretischen Studien das Resultat ab, dass zwischen 0° und 100° die vom internationalen Maass- und Gewichtsbureau als normal angenommene Temperaturskale des Wasserstoffthermometers hinter der absoluten Temperaturskale um nur kleine Beträge zurückbleibt, deren Maximalwerth 0,001° nicht übersteigt. Wesentlich ungünstiger liegen die Verhältnisse beim Luftthermometer. Man kann deshalb annehmen, dass die normale Temperaturskale die beste Realisirung der absoluten Skale darstellt, welche man mit einem Gasthermometer erreichen kann. Die absolute Temperatur des schmelzenden Eises findet der Verfasser gleich 273°,2965. *Schl.*

Ueber die Eigenschaften des Kohlensäureschnees.

Von P. Villard und R. Jarry. *Journ. de phys.* (3) **4.** *S. 511. 1895.*

Die Verfasser bestimmten die Temperaturen des Kohlensäureschnees unter verschiedenen Drucken mit Hülfe eines bis −75° verglichenen Toluolthermometers, welches, um

einwandfreie Messungen zu erhalten, ganz in die feste Kohlensäure eingebettet war. Es ergab sich

1. der Schmelzpunkt der krystallisirten Kohlensäure unter 5,1 Atmosphären Druck zu -57^0;
2. die Temperatur des Kohlensäureschnees an freier Luft zu -79^0; dabei wurde die Dampfspannung der Kohlensäure, wie von vornherein zu erwarten war, gleich einer Atmosphäre gefunden;
3. die Temperatur des Kohlensäureschnees im luftleeren Raume (5 *mm* Druck) ergab sich zu -125^0, also noch 7^0 tiefer als der kritische Punkt des Sauerstoffs (-118^0).

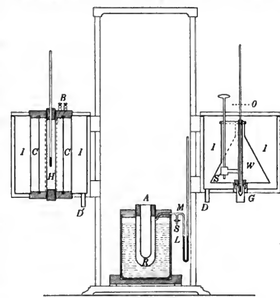
Die Untersuchung der Mischungen von Kohlensäureschnee mit verschiedenen Substanzen ergab das unerwartete Resultat, dass Mischungen mit Aether und Toluol die Temperatur der Kohlensäure an freier Luft (-79^0) nicht weiter erniedrigen, dagegen zeigte die Lösung von Kohlensäureschnee in Methylchlorür eine Temperaturerniedrigung von 6^0.

Schl.

Ein Kalorimeter für die Anwendung der Mischungsmethode.

Von F. A. Waterman. *Phil. Mag.* **40.** *S. 413. 1895.*

Um bei der Bestimmung der spezifischen Wärme fester Körper nach der Mischungsmethode den aus der Strahlung entstehenden Fehler zu vermeiden, sowie die sonst nicht zu umgehende Ermittlung des Wasserwerthes des Kalorimetergefässes, hat Verfasser nach dem Vorgange von Hesehus (*Journ. de Phys.* **7.** *S. 489. 1889*) ein Kalorimeter konstruirt, bei dem das Kalorimetergefäss in das Gefäss eines Luftthermometers eingefügt ist und bei den Beobachtungen auf konstanter Temperatur gehalten wird, indem man in dasselbe unmittelbar nach Einführung des erhitzten zu untersuchenden Körpers kaltes Wasser von bekannter Temperatur in hinreichender Menge hineintropfen lässt.



Die Anordnung des Apparates ist folgende (vgl. d. Fig.): In einem gläsernen, mit Wasser angefüllten Behälter ist das einem Reagensrohr ähnliche Glasgefäss *R* mittels eines hölzernen Deckels befestigt. In dieses wird das Kalorimetergefäss *A*, welches aus 0,1 *mm* starkem Silberblech gefertigt ist und das in Verbindung mit *R* das Luftthermometer-Gefäss bildet, mit Wasser gefüllt luftdicht eingepasst. Das Thermometergefäss ist durch eine Kapillare, die seitlich mit einem Hahn *S* versehen ist, mit dem Kerosin-Manometer *M* verbunden. Eine Schwankung von $^1/_{100}{}^0$ *C* in der Temperatur des Kalorimetergefässes zeigt das Luftthermometer durch Standänderung der Manometerflüssigkeit noch deutlich an.

An der rechten vertikalen Säule ist, drehbar um diese, der Tropfapparat befestigt, sodass die Tropföffnung desselben *G* mit der Oeffnung des Kalorimetergefässes *A* zur Deckung ge-

bracht werden kann. In dem Tropfapparat umschliesst der mit Eis gefüllte Raum I den konisch gestalteten Wasserbehälter W. Aus diesem kann man mittels einer durch den Hahn S' verschliessbaren Hebereinrichtung Wasser heraustreten lassen. Dasselbe fliesst dann an dem Gefäss des Thermometers O herab und aus der Oeffnung G heraus.

Der rechten Säule gegenüber befindet sich eine zweite, an welcher der Erhitzungsapparat, gleichfalls drehbar, angebracht ist. Derselbe enthält in seiner Mitte die Kupferröhre H, in welcher sich der zu erhitzende Körper befindet. Unten ist diese Röhre durch eine Klappe verschlossen, die sich automatisch öffnet, sobald durch Drehen des Erhitzungsapparates um die linke Säule sich die Röhre H über dem Kalorimetergefäss A befindet, sodass der erhitzte Körper in dieses hineinfallen muss. Die Erhitzung erfolgt mittels eines durch Asbestpapier isolirten Silberdrahtes, der auf H aufgewickelt ist und durch einen mittels der Kontaktschrauben B hinzugeleiteten elektrischen Strom erhitzt wird. Der ringförmige Raum C rings um diese Drahtwicklung ist mit Baumwolle ausgestopft und seinerseits von dem mit Eis angefüllten Raum I umgeben. Die Ausflussöffnungen D' und D dienen zum Abfliessen des Schmelzwassers.

Die Handhabung des Apparates besteht nun darin, dass man zunächst eine abgewogene Menge M der zu untersuchenden Substanz auf die gewünschte Temperatur T erhitzt. Das in H angebrachte Thermometer zeigt dieselbe an. Nachdem man sodann durch Wägen die Menge des in A enthaltenen Wassers sowie die Temperatur θ desselben ermittelt hat, bringt man durch Drehen des Erhitzungsapparates die Substanz in das Kalorimeter und darauf an dessen Stelle den Tropfapparat. Anfangs lässt man aus diesem das Wasser schnell tropfen, später immer langsamer, sodass das Manometer stets die Anfangsstellung behält. Bestimmt man schliesslich durch Wägen die Menge m des in A hineingetropften kalten Wassers, dessen Temperatur t betrug, so erhält man als spezifische Wärme der untersuchten Substanz $S = \frac{ms(\theta - t)}{M(T - \theta)}$, wenn s die spezifische Wärme des Wassers bei θ Grad bedeutet.

Mk.

Ueber absolute Temperaturbestimmung mittels Messung barometrischer Temperaturdifferenzen.

Von A. Toepler. *Wied. Ann.* **56.** *S. 609. 1895.*

Die guten Resultate, die der Verfasser mittels der von ihm konstruirten „Drucklibelle" gewonnen hat, geben Veranlassung, dies Instrument auch zu Temperaturmessungen zu verwenden und zwar in einer Anordnung, welche in Fig. 1 schematisch skizzirt ist.

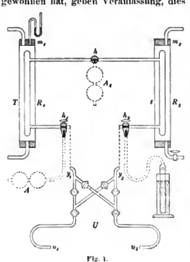


Fig. 1.

Es seien m_1 und m_2 zwei getrennte Räume, welche auf den Temperaturen T und t gehalten werden. In diesen seien die als „Druckrohre" bezeichneten, mit trockner Luft gefüllten Rohre R_1 und R_2 aufgestellt, welche oben durch eine horizontale, bei h mit einem Dreiweghahne versehene Kapillare verbunden sind. Die seitliche Oeffnung des Hahnes h führt unter Zwischenschaltung eines Trockenapparates A_1 während der Beobachtungen ins Freie, sodass die Luft in R_1 und R_2 stets unter Atmosphärendruck steht. Am unteren Ende schliessen sich an R_1 und R_2 gleichfalls horizontale Kapillaren an; die in diese eingefügten Dreiweghähne dienen zur Füllung des ganzen Röhrensystems mit trockener Luft, und zwar ist zu solchem Zwecke h_1 unter Zwischenschaltung des Trockenapparates A mit der freien Atmosphäre, h_2 mit einer einfachen Saugpumpe verbunden.

Der bisher beschriebene Theil des Apparates ist vertikal angeordnet; bei y_1 und y_2 biegen die Kapillaren in die horizontale Ebene um, durchlaufen die leicht verständliche Umschaltevorrichtung U, die gestattet, entweder R_1 mit u_1 und R_2 mit u_2 oder R_1 mit u_2 und R_2 mit u_1 zu verbinden, und führen dann zu der zwischen u_1 und u_2 angeordneten Drucklibelle, welche in Fig. 2 besonders abgebildet ist.

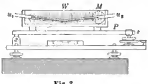


Fig. 2.

Diese Drucklibelle besteht im Wesentlichen aus einer in der Mitte schwach geknickten Röhre u_1 u_2 (in der Zeichnung ist der Knickungswinkel übertrieben) von etwa 3 *mm* Weite, welche in einem Wasserbade W mit planparallelen Glaswänden und direkt vor einer Millimeterskale aufgestellt ist. In dem Knick befindet sich ein Flüssigkeitsfaden, Xylol oder Toluol, dessen eines Ende am Fadenkreuz eines mit der Röhre fest verbundenen Mikroskopes M beobachtet wird. Das Ganze ist auf der Platte P montirt und kann durch eine Elevationsschraube s beliebige Neigung erhalten.

Die Wirkung des Instrumentes ist leicht zu übersehen. Entsteht in den ursprünglich gleich temperirten Röhren R_1 und R_2 ein merklicher Temperaturunterschied, so wird die in beiden Röhren auftretende Dichteänderung der Luft eine Wanderung des in u_1 u_2 befindlichen Flüssigkeitsfadens herbeiführen, deren Betrag durch mikrometrische Ausmessung mittels des Mikroskopes M bestimmt, oder durch Neigung der Platte P mittels der Elevationsschraube kompensirt werden kann. Die Grösse der Drehung an s erlaubt im letzteren Falle einen Rückschluss auf die Aenderung der Temperatur in R_1 und R_2.

Auf die an die Beschreibung des Apparates geknüpften theoretischen Betrachtungen der Fehlerquellen kann hier ebensowenig wie auf die Behandlung von Beispielen eingegangen werden. Es mag genügen, die Angaben des Verfassers über die Unsicherheit der Temperaturmessung für Druckhöhen H der Luftsäulen R_1 R_2 von 74 und 15 *cm* zu wiederholen.

Zu messende Temperatur	Unsicherheit der Temperaturangabe	
	H = 74 *cm*	H = 15 *cm*
0°	0,026°	0,13°
100°	0,045°	0,23°
1000°	0,50°	2,50°
1730°	1,23°	6,15°

Diese Zahlen gelten jedoch nur für relative Messungen, welche auf sehr kleine Gebiete beschränkt sind. Zwischen weiteren Temperaturgrenzen gelegene Messungen dürften nur eine geringere Genauigkeit besitzen. *Schl.*

Eine neue Methode der quantitativen Spektralanalyse.

Von G. und H. Krüss. *Zeitschr. f. anorg. Chemie* **10.** *S. 31. 1895.*

Den Grund für die Thatsache, dass die namentlich von Vierordt ausgebildete Methode der quantitativen Spektralanalyse noch nicht die verdiente Verbreitung in der Technik gefunden hat, sehen die Verf. darin, dass sowohl die theoretischen Grundlagen derselben, wie auch die instrumentellen Anordnungen, welche ihre Anwendung ermöglichen, nicht einfach und übersichtlich genug sind. So wird beispielsweise der von Bunsen und Roscoe zur Vereinfachung der Rechnung eingeführte *Extinktionskoeffizient* definirt als der reziproke Werth derjenigen Schichtdicke, welche eine Substanz haben muss, um das durch dieselbe fallende Licht bis auf $^1/_{10}$ der Intensität durch Absorption zu schwächen; man sollte also naturgemäss die Dicke der durchstrahlten Schicht variabel machen; statt dessen hält man sie konstant gleich der Einheit und misst den nunmehr natürlich vom Werth $^1/_{10}$ abweichenden Betrag der übrigbleibenden Lichtstärke. Hierbei geht offenbar das klare Bild des eigent-

lichen physikalischen Vorgangs verloren und der Extinktionskoeffizient bleibt ein schwieriger, der Anschauung schwer zugänglicher Begriff.

Die Verf. suchen nun derartige Schwierigkeiten durch Umgestaltung der Methode, aber unter Beibehaltung ihrer wesentlichen Grundlage und der bisher ermittelten experimentellen Daten zu beseitigen. Als Ausgangspunkt wählen auch sie 1. das Lambert'sche Gesetz, nach welchem die ursprüngliche Helligkeit J nach dem Durchlaufen einer Schicht von der Dicke m auf den Betrag $J' = J/n^m$ reduzirt wird, wenn der Schwächungsfaktor für die Einheit der Dicke $1/n$ ist; 2. die Annahme, dass die Konzentration der Lösung auf das die Lösung durchdringende Licht in derselben Weise wirkt, wie die Dicke der Schicht, sodass also das Licht genau dieselbe Schwächung erfährt durch eine Lösung von der Konzentration c und der Dicke m wie durch eine solche von der Konzentration m und der Dicke c.

Wenn nun bei Durchstrahlung einer Lösung von der Konzentration 1 und der Dicke 1 das Licht auf $1/n$ seiner ursprünglichen Intensität gebracht wird, so wird nach Durchstrahlung einer Schicht von der Dicke m und der Konzentration c die Intensität J des einfallenden Lichtes reduzirt auf $J' = J/n^{mc}$; setzt man nun $n^{mc} = x$, so ergiebt sich hieraus

$$c = \frac{\log x}{m \cdot \log n}.$$

Wenn man die Versuchsanordnung derartig wählt, dass die Intensität des Lichts durch die Absorption der Lösung gerade auf den zehnten Theil verringert wird, so hat man $x = 10$ zu setzen, und es folgt $c = \frac{1}{m \log n} = \frac{k}{m}$. Für ein und denselben Körper ist nämlich, wie sich aus der Definition von n ergiebt, $\log n$ eine Konstante; die Verf. bezeichnen deshalb n als das *spezifische Absorptionsvermögen* der Substanz und setzen $1/\log n = k$. Ist also k bekannt, — und diese Grösse lässt sich leicht durch eine Messung an einer Lösung von bekannter Konzentration ermitteln —, so kann die Konzentration jeder anderen Lösung derselben Substanz durch Messung ihrer Schichtendicke bestimmt werden. Hierbei ist es wesentlich, dass die Konstante k keine neue Grösse ist, sondern identisch mit dem von Vierordt eingeführten *Absorptionsverhältniss* A, das bereits für eine grosse Anzahl von Stoffen bestimmt ist, und gerade die Rücksicht auf die Benützung des grossen, vorliegenden Zahlenmaterials veranlasste die Verfasser zur Wahl der Grösse $x = 10$.

Die Flüssigkeitsschicht mit veränderlicher Dicke könnte man sich bei horizontaler Anordnung durch ein keilförmiges Gefäss verwirklicht denken, das, mit der betreffenden Lösung gefüllt, vor der einen Hälfte des Spaltes verschoben wird, während vor der anderen Hälfte ein ebenso gestalteter, aber mit der Lösungsflüssigkeit gefüllter Keil bewegt wird. Bei vertikaler Anordnung ist eine ganze Anzahl von Einrichtungen möglich, von welchen die Verfasser besonders die folgende im Auge haben.

Auf einem festen Stativ mit verstellbarem Fuss befinden sich zwei mit Theilung versehene Messgläser von etwa 25 *cm* Höhe; dieselben sind beide oben und unten mit Reflexionsprismen versehen, mit Hülfe deren das von einer Beleuchtungslampe kommende und durch eine Linse konzentrirte Licht durch die beiden Flüssigkeitssäulen gesendet wird. Vor den Prismen am unteren Ende ist ein Hüfner'sches Reflexionsprisma angeordnet, sodass die beiden zu vergleichenden Felder, nur durch die feine Kante des Prismas getrennt, direkt über einander erscheinen. Die Messgläser haben Einrichtungen zur bequemen Einstellung der Flüssigkeitsniveaus.

Der Apparat wird zunächst, ohne mit Flüssigkeit beschickt zu sein, durch Heben bezw. Senken der Lampe derart justirt, dass die beiden Felder gleich hell erscheinen. Sodann werden die Messgläser mit den zu vergleichenden Lösungen gefüllt und die Höhe der stärker absorbirenden Säule mit Hülfe des Ausflusshahnes so regulirt, dass wiederum beide Felder gleiche Helligkeit zeigen. Bedeuten dann m_1 und m_2 die beiden an den Theilungen abzulesenden Schichtendicken, c_1 und c_2 die entsprechenden Konzentrationen, so gilt $\frac{m_1}{m_2} = \frac{c_2}{c_1}$. Somit lässt sich, wenn ausser den beiden Schichtendicken auch noch die Konzentration der einen Flüssigkeit bekannt ist, diejenige der anderen Flüssigkeit einfach berechnen.

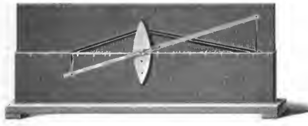
Soll das Instrument zu quantitativen spektralanalytischen Untersuchungen benutzt werden, so füllt man den einen Zylinder mit der Lösungsflüssigkeit, den anderen mit der zu untersuchenden Lösung. Sodann wird der Apparat so vor den Spalt des Spektrophotometers gestellt, dass die trennende Kante des Hüfner'schen Reflexionsprismas genau mit der Mitte des Spaltes zusammenfällt. Die Lichtregulirungs-Vorrichtungen müssen in diesem Falle derart eingestellt sein, dass die der Lösungsflüssigkeit entsprechende Spalthälfte von vornherein nur den zehnten Theil so hell beleuchtet ist als die andere Hälfte. Hierauf ist die Höhe der Lösung im zweiten Zylinder so lange zu verändern, bis die beiden Hälften des im Gesichtsfelde abgeblendeten Spektralbezirkes die gleiche Helligkeit haben. Bedeutet dann A das Absorptionsverhältniss der Lösung und m deren Höhe, so ist die Konzentration derselben gegeben durch $c = A/m$.

Dass die besprochene Einrichtung ein recht bequemes und einfaches Arbeiten gestatten wird, lässt sich von vornherein annehmen; über die hiermit zu erreichende Genauigkeit werden freilich erst eingehende Versuche Aufschluss geben können, welche noch nicht ausgeführt werden konnten, da Gerhard Krüss inzwischen leider verstorben ist. *Glch.*

Modell zur Erläuterung der Brechung in Linsen.

Von K. W. Neumann. *Zeitschr. f. phys. u. chem. Unterr. 8. S. 268. 1895.*

Nimmt man an, dass der ein- und der austretende Strahl sich in einem Punkte des Linsendurchmessers schneiden, dann ist die Summe der Kotangenten der Winkel, welche diese Strahlen mit dem Durchmesser bilden, unveränderlich und auch die Winkelsumme selbst innerhalb gewisser Grenzen konstant. Ist der Scheitelpunkt dieser Winkel bei einer bikonvexen Linse von 15 *cm* Brennweite vom optischen Mittelpunkt 8 *cm* entfernt, so ist die mittlere Winkelsumme innerhalb gewisser Grenzen $150^1/_4{}^0$. Auf dieser Berechnung beruht das einfache Modell zur Veranschaulichung der Brechung des Lichtes in einer bikonvexen Linse. Auf einer schwarzen Tafel sind zwei unter dem angegebenen Winkel fest mit einander verbundene Stäbe um den Scheitelpunkt drehbar. Vor der Tafel steht in geringer



Entfernung eine schwarze Metallplatte von gleicher Länge aber geringerer Höhe, deren oberer weisser Rand, welcher 8 *cm* unter dem Drehpunkt liegt, die Achse vorstellt und in 5 *cm* grosse Abschnitte getheilt ist. In der Mitte der Achse ist der Durchschnitt einer bikonvexen Linse von 15 *cm* Brennweite befestigt, um deren Mittelpunkt ein Stab mit zwei beweglichen und verschiebbaren Pfeilen gedreht werden kann. Die Durchschnittspunkte der beiden Winkelschenkel mit der Achse geben die Lage des leuchtenden Punktes und seines Bildes an. Dreht man den Stab, der durch die Mitte der Linse geht, so, dass die lothrecht gestellten Pfeile in diesen Punkten die Achse treffen, so erhält man eine Vorstellung von der relativen Grösse des Bildes eines Gegenstandes. Ein ähnliches Modell, welches die Bedingung, dass die Summe der erwähnten Kotangenten konstant ist, streng erfüllt und daher etwas weniger einfach ist, hatte O. E. Meyer auf der Münchener Ausstellung (Dyck, *Katalog S. 365*) ausgestellt. Der Apparat von Neumann und ein ähnlicher für die Reflexion an sphärischen Spiegeln wird von G. Lorenz in Chemnitz hergestellt.

H. H.-M.



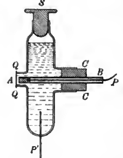
Die elektrische Messung des Sternenlichtes.

Von George M. Minchin. *Nature* **52.** *S. 246. 1895.*

Auf der Sternwarte von Mr. Wilson in Daramona, Westmeath, in Irland hat Verfasser mit Professor Fitzgerald und Mr. Wilson Versuche angestellt, die von Sternen ausgesandte strahlende Energie auf elektrischem Wege zu messen.

Zu seinen ersten Versuchen bediente Verfasser sich photoelektrischer Elemente aus Selen, Aluminium und Oenanthol, für die er folgende Herstellungsweise empfiehlt: Ein Streifen reines Aluminium von 12 *mm* Länge, 2 *mm* Breite und genügender Dicke, um steif zu bleiben, wird auf einem Stück Eisen erhitzt, bis ein ganz kleines Stückchen Selen, welches auf das eine Ende des Aluminiumstreifens gelegt worden ist, geschmolzen ist und eine schwarze flüssige Kugel bildet. Die Flamme unter dem Eisen wird dann weggenommen und das geschmolzene Selen mit Hülfe eines heissen Glasstäbchens so weit ausgebreitet, bis es eine gleichmässig dicke Schicht von etwa 6 *qmm* einnimmt. Nachdem sich diese dunkle Schicht etwas abgekühlt hat, wird die Flamme wieder unter das Eisen gebracht und das Selen wieder nahe bis zu seinem Siedepunkt erwärmt, wodurch seine Farbe in Graubraun übergeht. Das mit Selen bezogene Ende des Aluminiumstreifens wird in eine Glasröhre getaucht, die Aceton oder besser noch Oenanthol enthält, während das andere Ende des Streifens mit dem einen Pol eines Quadrantelektrometers verbunden ist. Ein in die Glasröhre eingeschmolzener und in die Flüssigkeit eintauchender Platindraht steht mit dem anderen Pol des Elektrometers in Verbindung. Lässt man Licht auf die Selenschicht fallen, so wird das Selen positiv, die Flüssigkeit negativ elektrisch. Die von diffusem Tageslicht hervorgerufene Potentialdifferenz beträgt $^1/_3$ bis $^1/_2$ Volt.

Später hat Verfasser einige wesentliche Verbesserungen mit dem Element vorgenommen. Den Grund für die nicht über 6 Stunden währende Konstanz des Elementes sah er nämlich in dem Umstand, dass durch den Aluminiumstreifen nicht nur die durch das Licht erregte positive Elektrizität des Selens nach dem Pol des Quadrantelektrometers geleitet würde, sondern auch negative Elektrizität der Flüssigkeit, und dass wohl auch zwischen dem Selen und Aluminium schwache Ströme aufträten.



Damit das Aluminium nicht mit der Flüssigkeit in Berührung käme, schloss er daher den Aluminiumstreifen in eine Glasröhre *AB* (s. d. Fig.) ein, die durch den Kork *CC* hindurch in das mit Oenanthol gefüllte Glasgefäss eintauchte. Dem Selen gegenüber befindet sich die Quarzplatte *QQ*, durch welche man die Strahlen auf das Selen fallen lässt. Während der Aluminiumstreifen *P* mit dem einen Pol des Quadrantelektrometers in Verbindung steht, führt der in das Glasgefäss eingetauchte Platindraht *P'* nach dem andern Pol. Mittels des eingeschliffenen Glasstöpsels *S* wird das Gefäss fest verschlossen und durch ein Stativ in die geeignete Lage gebracht, sodass der Strahlenkegel gerade auf die Selenfläche *A* fällt. Es ist nicht nöthig, dass *A* gerade mit dem Brennpunkt des Fernrohres zusammenfällt, es muss nur dafür gesorgt werden, dass die Fläche *A* alle Strahlen des Strahlenkegels auffängt.

Eine Paraffinkerze brachte aus der Entfernung von 2,7 *m* eine Potentialdifferenz von 0,03 Volt hervor, wobei das angewandte Quadrantelektrometer einen Ausschlag von 12 Theilstrichen zeigte. 0,82 dieser Potentialdifferenz wurde durch Arktur, 0,56 durch Saturn und ebenso durch Regulus hervorgebracht. Sirius, Capella, sowie die Sterne des Orion konnten noch nicht untersucht werden, weil sie zu der Jahreszeit zu ungünstig standen.

Durch die seither angewandten photometrischen Beobachtungsmethoden, nämlich mit dem Zöllner'schen Polarisations-Photometer und dem Pritchard'schen Keilphotometer, wurden die Grössen von Arktur, Regulus und Procyon zu 0,2, 1,4 und 0,5 bestimmt,

wobei zu bemerken ist, dass man einem Stern die Grössenklasse n + 1 zuertheilt, wenn er 0,4 mal so hell ist als ein Stern von der Grössenklasse n. Auf photoelektrischem Wege fand sich, wenn Arktur von der Grösse 0,2 angenommen wurde, die Grösse von Regulus zu 1,33 und die von Procyon zu 0,46.

Sterne von verschiedener Farbe, z. B. rothe und weisse, lassen sich bezüglich ihrer Helligkeit auf photometrischem Weg kaum mit einander vergleichen, während der Vergleichung ihrer strahlenden Energie durch die photoelektrische Methode nichts im Wege steht. *Kn.*

Neu erschienene Bücher.

La théorie des procédés photographiques. Von De la Baume Pluvinel. (*Encyclopédie scientifique des aide-memoire.*) 8⁰. Paris, Gauthier-Villars & fils.

Bei der weiten Verbreitung, die die Anwendung der Photographie gefunden hat, kann eine zusammenfassende Darstellung der inneren Vorgänge, die sich bei den verschiedenen photographischen Verfahren abspielen, nur erwünscht sein.

Verf. behandelt zunächst die Wirkung einer Bestrahlung auf die Körper im Allgemeinen, die aus Molekülen mit Aetherhüllen zusammengesetzt gedacht werden. Die Energie der auftreffenden Wellen geht zum Theil auf die Körpermoleküle und den zwischen diesen eingeschlossenen Aether über und ändert deren Eigenschwingungen. Es tritt eine Vergrösserung der Amplituden namentlich dann ein, wenn die Oszillationen der Strahlung synchron sind mit denen der Körpermoleküle. In diesem Falle kann eine verhältnissmässig schwache Strahlung mit der Zeit zwischen den Körpermolekülen und innerhalb derselben eine beträchtliche Wirkung hervorbringen, sodass dadurch die Moleküle und Atome in neue Gleichgewichtslagen gebracht werden können, wodurch die Entstehung neuer Modifikationen und neuer chemischer Verbindungen veranlasst wird. Hierauf geht Verf. dazu über, insbesondere die latente Wirkung der Lichtstrahlen auf die Silberhaloïdsalze (Chlor-, Brom-, Jodsilber) zu betrachten. Hier stehen sich zwei Theorien gegenüber, die chemische und die dynamische. Die erstere nimmt eine durch das Licht hervorgebrachte chemische Zersetzung innerhalb der empfindlichen Schicht an und fusst auf den Thatsachen, dass ein latentes Bild nur entstehen kann bei Gegenwart eines Stoffes (Sensibilisator, nicht zu verwechseln mit den *optischen* Sensibilisatoren der farbenempfindlichen Platten), der das bei der Belichtung freiwerdende Halogen absorbirt, dass ferner die Wirkung aufgefallenen Lichtes durch Einwirkung eines Halogenes, das den früheren Zustand wiederherstellt, aufgehoben werden kann, und dass schliesslich das freigewordene Halogen zum Theil im Sensibilisator wiedergefunden werden konnte. Diese Hypothese giebt zu einigen Einwürfen Anlass, die Verf. des Weiteren erörtert. Zwangloser erklärt die dynamische Theorie, der auch Verf. sich zuneigt, die Vorgänge innerhalb der empfindlichen Schicht. Diese Theorie nimmt an, dass die Bestrahlung die Molekularbewegungen beschleunigt und vergrössert und dass der Sensibilisator nur den Zweck hat, die Entwickelung des latenten Bildes zu ermöglichen. Durch diese Theorie wird die Einwirkung von Druck und Wärme und die Entwickelbarkeit der davon getroffenen Stellen der empfindlichen Schicht erklärt. Auch die Solarisation, die dann behandelt wird, ist mit der dynamischen Theorie im Einklange. Nach Besprechung der Wirkungsweise der Entwickler, von denen Verf. physikalische und chemische unterscheidet, wird die Einwirkung der verschiedenen Spektralfarben und die Verschiebung der Maximalwirkungen durch Zusatz von gewissen Farbstoffen (optische Sensibilisatoren) zu den lichtempfindlichen Substanzen behandelt. Verf. nimmt hierauf die speziellen photographischen Verfahren durch, zunächst die Negativprozesse auf Papier- und auf Glasflächen, von denen namentlich die Bromgelatine eine sehr ausführliche Besprechung erfährt. Hierbei werden die chemischen Wirkungen der verschiedenen Entwickler erklärt und die nahe Verwandtschaft der organischen Entwickler innerhalb der aromatischen Reihe dargelegt.



Alsdann werden die Positivprozesse besprochen und namentlich Zersetzung und Färbung des Chlorsilbers durch das Licht sehr ausführlich durchgenommen, endlich die Vorgänge bei der Vergoldung erläutert. Nachdem Verf. hierauf ein Kapitel den Prozessen bei der Fixirung, Verstärkung und Abschwächung, sowie der Verarbeitung der Rückstände gewidmet hat, werden schliesslich die photographischen Paus- und photomechanischen Vervielfältigungsverfahren besprochen.

Allen Fach- und Amateurphotographen, die sich über die inneren Vorgänge bei Ausübung ihrer Kunst orientiren wollen, kann das Werkchen, in dem zahlreiche Fussnoten auf die Quellen hinweisen, angelegentlich empfohlen werden. Dass es in französischer Sprache geschrieben ist, dürfte für seine Verbreitung wohl kaum ein ernstliches Hinderniss sein.

Sr.

Rechenquadrant zur bequemen Ausführung arithmetischer und trigonometrischer Rechnungen. Von S. Levänen. 8°. 19 S., mit dem Instrument. Helsingfors 1896.

Das Instrument besteht aus einem Quadranten vom Halbmesser 150 *mm* mit $^1/_3$°-Theilung am Rande; es sind konzentrische Kreise von 1 zu 1 *mm* und ein Koordinatennetz von 1 *mm* Maschenweite durchgezogen, während ein Gelatinestreifen als beweglicher Radius dient. Es ist bekannt, dass man mit dieser Vorrichtung, die auch früher schon mehrfach benutzt worden ist, so ziemlich alle Zahlen-Rechnungen, einschliesslich der trigonometrischen, mit für viele Zwecke genügender Genauigkeit ausführen kann. Die Herstellung des gedruckten Diagramms ist sehr gut. *H.*

Chemiker-Kalender 1896. Ein Hülfsbuch für Chemiker, Physiker, Mineralogen, Industrielle, Pharmaceuten, Hüttenmänner u. s. w. Von Dr. Rudolf Biedermann. Siebzehnter Jahrgang. Mit einer Beilage. Berlin, Julius Springer. 1896.

Der altbewährte Chemiker-Kalender zeigt in dem neuen Jahrgang eine wesentlich andere Eintheilung, da der Umfang des gebundenen Theils für ein Taschenbuch zu beträchtlich zu werden drohte. Der erste Theil enthält jetzt ausser dem Schreibkalender nur Angaben, die sich auf die reine und analytische Chemie beziehen, er bringt die für den praktischen Chemiker wichtige Tabellensammlung; alles übrige, Gesetze und Erläuterungen aus der Mathematik, Physik, physikalischen Chemie, sowie die technisch-chemischen Untersuchungen enthält die Beilage. Es war durch diese Anordnung möglich, eine Reihe neuer Daten aufzunehmen und auf wichtige Einzelheiten näher einzugehen. *Fk.*

Sicherheitsvorschriften f. elektrische Starkstromanlagen, hrsg. vom Verband deutscher Elektrotechniker. 12°. 24 S. Berlin, J. Springer. — München, R. Oidenbourg. Kart. 0,50 M.

W. F. Stanley, *Surveying and Levelling Instruments, theoretically and practically described.* 2. Ausg. 8°. 572 S. m. Illustr. London 1895. 7,80 M.

G. W. Usill, *Practical Surveying. Textbook for Students preparing for examinations or for Survey-work in the Colonies.* 4. revid. Ausg. 8°. 348 S. mit 4 Tafeln u. 350 Fig. London 1895. 7,80 M.

Beobachtungsergebnisse des Repsold'schen Meridiankreises der k. Sternwarte zu München. 1. Theil. gr. 4°. München, G. Franz' Verl. in Komm.

I. Untersuchungen über die astronom. Refraktion mit einer Bestimm. d. Polhöhe von München u. ihre Schwankungen vom Nov. 1891 bis Okt. 1893 u. e. Katalog der absoluten Deklinationen v. 116 Fundamental-Sternen v. Observat. Dr. Jul. Bauschinger. S. 42—229. 12,00 M.

E. Kayser, Wolkenhöhenmessungen. (Aus „Schriften d. naturforsch. Gesellsch. in Danzig".) gr. 8°. 68 S. m. 5 Taf. Danzig. Leipzig, W. Engelmann in Komm. 12,00 M.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Redaktionskuratorium:

Geh. Reg.-Rath Prof. Dr. **H. Landolt**, Vorsitzender, Prof. Dr. **A. Westphal**, geschäftsführendes Mitglied, Prof. Dr. **E. Abbe**, **H. Haensch**, Dr. **H. Krüss**.

Redaktion: Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XVI. Jahrgang. **Mai 1896.** Fünftes Heft.

Apparat zur Bestimmung der spezifischen Wärme fester und flüssiger Körper.

Von

Dr. **W. Louguinine** in Moskau.

Der hauptsächliche Gesichtspunkt, den ich bei der Konstruktion des hier zu beschreibenden Apparates im Auge hatte, war der, den Erwärmer beweglich, das Kalorimeter aber fest anzuordnen. Der Vortheil einer solchen Einrichtung gegenüber der von Regnault benutzten liegt darin, dass dabei jeder Verlust von Wasser, welcher bei dem schnellen Hin- und Herbewegen des Kalorimeters sehr leicht stattfinden kann, vermieden wird.

Ausserdem habe ich mich bemüht, die Aufstellung des Erwärmers so einzurichten, dass derselbe während seiner Bewegung zum Kalorimeter sich unverändert in denselben Bedingungen befindet, in welchen er während der Erwärmungsperiode stand. Während der ganzen Zeit brennt unter dem Dampfkessel die ihn erwärmende Gasflamme, der Kühler wird fortwährend mit kaltem Wasser gespeist und das warmgewordene Wasser beständig entleert. Eine besondere Vorrichtung erlaubt es, die Oeffnung des Verschlusses des Erwärmers unabhängig von einem Eingriffe des Beobachters automatisch zu bethätigen.

Diese Grundsätze habe ich an einem Apparate angewandt, der von mir schon früher[1]) beschrieben wurde; doch habe ich an ihm neuerdings einige ziemlich wesentliche Veränderungen angebracht und denselben zu neuen Zwecken benutzt.

Der frühere Apparat war speziell für das Eiskalorimeter bestimmt und sollte zwischen den Temperaturen 100° und 0° arbeiten. In der letzten Zeit hatte ich die spezifische Wärme verschiedener Flüssigkeiten zwischen Temperaturen, die deren Siedepunkten nahe lagen (1° oder 2° unter denselben), und der Zimmertemperatur (annähernd 20°) zu bestimmen. Die Temperaturen, bis zu welchen die Körper zu erwärmen waren, lagen theilweise ziemlich hoch (bis über 150°), theilweise auch unter 100°, und die Erwärmung musste im Dampfe verschiedener Flüssigkeiten und Flüssigkeitsgemische stattfinden. Diese Flüssigkeiten konnten nur in verhältnissmässig kleinen Mengen beschafft werden, woraus die Nothwendigkeit entsprang, den ganzen Apparat in möglichst kleinen Dimensionen auszuführen.

Der Apparat besteht aus einem fest aufgestellten Kalorimeter *A* (Fig. 1) aus dünnem Messingblech, das einen Inhalt von etwa 200 *ccm* hat und hart vergoldet ist. Er ruht in einer äusseren Hülle *C* auf einem Ebonitdreieck und ist durch dasselbe thermisch isolirt. Die Hülle *C* ist doppelwandig, der Raum zwischen den Wandungen

[1]) *Ann. de chim. et de phys.* (7) **1.** *S. 483. 1894.*

nnd dem doppelten Boden wird mit Wasser gefüllt; sie schützt das Kalorimeter vor zufälligen Wärmeeinwirkungen, wie sie z. B. durch die Annäherung des Beobachters erfolgen können. Hülle und Kalorimeter stehen auf einem Holzblock *D* und sind in einer bestimmten Lage mittels dreier hölzernen Lineale fixirt. Diese Lineale können in Rinnen durch die Knöpfe *a a* bewegt werden nnd halten die Hülle *C* in drei Punkten fest.

Im Innern des Kalorimeters *A* befindet sich ein Metallkorb, welcher dazu bestimmt ist, den in das Kalorimeter fallenden Körper in einer zentralen Lage festzuhalten nnd so die Freiheit der Bewegung des Rührers zn gewährleisten. Dieser Korb besteht aus einem oberen Kreise, der mittels Reibnng an den Kalorimeterwänden festgehalten wird, nnd an den etwa 8 Messingdrähte angelöthet sind, die den Korb

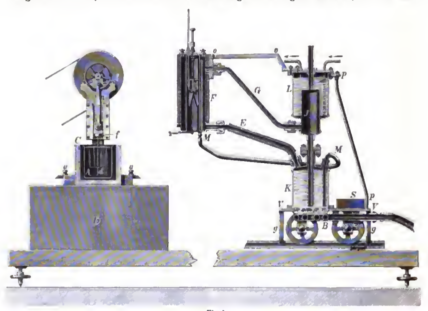


Fig. 1.

bilden. Der einfache Rührer bewegt sich ungefähr 40 Mal in der Minute vertikal auf nnd ab. Bei der knrzen Dauer der mit diesem Apparate anzustellenden Versnche werden die Nachtheile eines derartigen Rührers nicht sehr fühlbar.

In das Kalorimeter wird bei den Messungen ein genan untersuchtes kalorimetrisches Thermometer eingesetzt. Bei meinen Versuchen habe ich stets ein Thermometer benutzt, dessen Skalenumfang nur 7° betrug, wobei jeder Grad in 50 Theile getheilt war, sodass bei der Beobachtung des Thermometers durch das Fernrohr noch $^1/_{500}$ Grad mit Sicherheit abgelesen werden konnte.

Die Bedingungen, unter denen der Versnch stattfand, haben mich veranlasst, dem kalorimetrischen Thermometer keine senkrechte, sondern eine geneigte Lage zu geben; dementsprechend war am Holzblocke *D* eine vierkantige Stange angebracht, die dem Thermometer parallel gestellt werden konnte. Längs derselben bewegte sich das Fernrohr, sodass die Bewegung des Qnecksilberfadens des Thermometers leicht beobachtet werden konnte.

Der Rührer *d* hat die übliche Form einer beinahe geschlossenen, ringförmigen, durchbohrten Platte, welche aus dünnem, vergoldeten Messingblech gefertigt ist und an einer leichten Metallstange befestigt wird. Am oberen umgebogenen Ende dieser Stange ist ein Stückchen Elfenbein *e* eingesetzt, welches eine Wärmeableitung aus dem Kalorimeter heraus verhüten soll. An diesem Elfenbeinstückchen ist ein anderer kurzer, ebenfalls gebogener Metallgriff angebracht, welcher mittels einer Klammer *f* mit dem Mechanismus, durch welchen der Rührer *d* in Bewegung gesetzt wird, verbunden werden kann.

Dieser Mechanismus besteht aus einem Exzenter *l*, der durch ein Triebrad mit Uebertragung von einem kleinen Elektromotor bewegt wird und eine Kurbel *n* zwischen zwei Leisten auf- und abschiebt. Mit dem unteren, vertikal auf- und abgehenden Ende dieser Kurbel ist der Griff des Rührers verbunden.

Der bewegliche Erwärmungsapparat ist auf einer vierrädrigen Plattform *V* befestigt und kann auf zwei Messingschienen auf einer Strecke von etwas mehr als ein Meter hin- und herbewegt, dem Kalorimeter genähert oder von demselben entfernt werden. Um dem Wagen grössere Stabilität zu geben, sind an demselben vier Leitstangen *g* angebracht, welche mit kleinen Rollen unter die Schienen greifen. In einen kreisförmigen Einschnitt der Plattform ist der kleine Kupferkessel *K* eingesetzt. Derselbe wird durch einen doppelten, kreisförmigen Brenner *B* erwärmt, welcher mittels eines langen Gummischlauches mit der Gasleitung in Verbindung steht. Dieser Schlauch ist lang genug, um eine Zuleitung des Gases zum Brenner *B* bei jeder Stellung des Erwärmers zu gestatten.

Der im Kessel *K* entwickelte Dampf geht durch die Röhre *E* zu dem Erwärmer *F*, füllt den kreisförmigen Raum zwischen den doppelten Wandungen desselben, kehrt durch die Röhre *G* zum Kühler *J* zurück und fliesst durch die mit ihm verbundene, nach unten gehende Röhre zum Boden des Kessels ab. Der Kühler *J* ist mit einem zylindrischen Gefäss *L* umgeben, zu welchem, wie die Figur zeigt, fortwährend kaltes Wasser zufliesst, während das erwärmte abfliesst. Die hierzu nöthigen Gummischläuche sind gleichfalls lang genug, um den Zu- und Abfluss des Wassers bei jeder Stellung des Erwärmers zu ermöglichen.

Das besonders im Anfange der Erwärmung zwischen den doppelten Wandungen kondensirte Wasser fliesst durch eine mit dem Erwärmer verbundene Glasröhre *M* zu dem Boden des Kessels zurück. Dieselbe ist in einer seitlichen Oeffnung des Kessels *K* mittels eines guten Pfropfens befestigt. Zur Verhütung unnöthiger Abkühlung ist das Dampfleitungsrohr *E* und der Erwärmer *F* mit einer etwa 7 *mm* dicken Filzschicht bedeckt, die des besseren Aussehens wegen mit einer vernickelten Messinghülle umgeben ist. Zur grösseren Stabilität des ganzen Systems ist der Erwärmer *F* mit dem Deckel des Kühlgefässes *L* durch eine feste Messingstange *o o* verbunden. Zur weiteren Versteifung dient die Stange *p p*, welche die Plattform *V* mit ebendemselben Deckel vereinigt. Die zwei Kilogramm schwere Bleimasse *S*, welche hinter dem Kessel *K* auf die Plattform *V* gesetzt wird, dient als Gegengewicht für den Erwärmer *F*. Die Verbindung der Röhren *E* und *G* mit den betreffenden Theilen wird durch dampfdicht eingeschliffene Kegel und darüber greifende Muttern bewerkstelligt.

Der Erwärmer selbst (Fig. 2) besteht aus einem doppelwandigen Zylinder mit einem zentralen Kanal, dessen beide Enden während der Erwärmung fest verschlossen werden, und in den die zu untersuchende Substanz gebracht wird. Das untere Kanalende kann momentan, und zwar in einem kleinen Bruchtheil einer Sekunde vor

dem automatischen Falle des im Kanal erwärmten Körpers, geöffnet werden, sodass dieser bei seinem Austritt aus dem Kanal den unteren Deckel nicht berührt.

Um dieses zu erreichen habe ich folgende Vorrichtung getroffen. Die obere Oeffnung des zentralen Kanals ist durch die angeschraubte, abnehmbare Platte *a* geschlossen. Durch dieselbe geht die Stange *f* hindurch, welche durch einen Knopf *g* nach unten gedrückt werden kann. Dabei presst ihr unteres Ende auf den Kreuzungspunkt der zwei kleinen Hebel *d d* und öffnet auf diese Weise die zwei Hälften eines konischen Löffels *o*, zwischen welchen der zu untersuchende Körper sich befindet. Beim Auseinandertreten der zwei Löffelhälften *o* fällt der Körper herunter. Hört der Druck auf den Knopf wieder auf, so schliessen sich die Löffelhälften durch die Wirkung einer Spiralfeder *p*, welche um die Stange *f* gewunden ist. Die beiden Löffelhälften sind durch zwei leichte Metallstangen mit dem oberen Deckel *a* verbunden. Dieser Theil des Apparates ist dem von Schuller und Wartha in ihrer Beschreibung des Eiskalorimeters angegebenen Erwärmer sehr ähnlich. Diese Aehnlichkeit erstreckt sich nicht auf die weitere Anordnung meines Erwärmers, namentlich nicht auf den Theil, welcher den automatischen Fall des erwärmten Körpers ermöglicht. Letzteres wird auf folgende Weise erreicht. An der Stange *f* ist ein horizontales Querstück *k* befestigt, welches beim Niederdrücken von *f* gleichzeitig heruntergeht. Es wird dabei durch einen Einschnitt in der kleinen Säule *q* (die auf dem oberen Deckel aufgeschraubt ist) geführt und drückt mit seinem Ende auf einen Arm des Winkelhebels *n*, indem es dabei den andern Arm desselben in die Höhe hebt. Mit diesem Arm von *n* ist die dem Erwärmer parallel laufende Stange *n'* verbunden, die hierbei in die Höhe gezogen wird. Das untere Ende dieser Stange zieht den oberen Arm des kleinen Winkelhebels *m* nach sich. Dieser Winkelhebel ist mit einem kleinen Riegel *r* verbunden. Letzterer wird so zurückgezogen und der untere Deckel *h* des mittleren Kanals des Erwärmungsapparates frei gemacht. Durch eine Spiralfeder, die unter *i* angebracht ist, wird der Deckel zur Seite geschoben, wie es Fig. 2 zeigt. Beim Nachlassen des Druckes auf den Knopf *g* wird die Stange *f* und das Querstück *k* wieder in die Höhe geschoben, der Druck auf das Ende des Winkelhebels *m* hört auf, und der Schieber *r* wird durch eine kleine Spiralfeder *u* wieder vorgeschoben, welche vorher den Deckel *h* an seinem Orte festhielt.

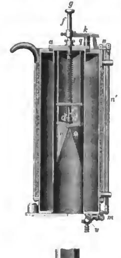




Fig. 2.

Das Querstück *k* kann auf der Stange *f* höher oder niedriger befestigt werden, was eine Veränderung des Zeitpunktes nach sich zieht, in welchem die untere Kanalöffnung frei wird. Man wählt für das Querstück *k* eine solche Stellung, bei welcher der Kanal gleich nach der Oeffnung des Löffels ebenfalls frei wird und der erwärmte Körper herunterfällt, ohne den unteren Deckel zu berühren. Zwischen den Oeffnungsmomenten der beiden Theile verfliesst nur ein Bruchtheil einer Sekunde, sodass die kältere äussere Luft kaum Zeit hat, in den Kanal einzudringen und den herabfallenden Körper abzukühlen. In dem Erwärmungsapparate von Schuller und Wartha wurde der untere Theil des Kanals mit der Hand geöffnet.

Die Temperatur im inneren Kanale des Erwärmers wird durch ein kurzes Thermometer angezeigt, das nur wenig aus dem oberen Deckel hervorragt, sodass eine Korrektion wegen des herausragenden Quecksilberfadens überflüssig wird. Je nach der Temperatur im Erwärmer gebrauche ich eine Reihe derartiger kurzer Thermometer, deren Länge 15 bis 17 *cm* beträgt; sie besitzen eine Theilung in der Nähe des Nullpunktes und darüber eine Erweiterung, über welcher die eigentliche Skale beginnt. Die von mir für den Erwärmer benutzten Thermometer haben einen Skalenumfang von nur 20°, wobei jeder Grad in fünf Theile getheilt ist, sodass beim Ablesen die Temperatur im Erwärmer mittels des Fernrohres bis auf $^1/_{50}$° bestimmt werden kann. Die Gefässe der Thermometer befinden sich in unmittelbarer Nähe des Löffels und des zu erwärmenden Körpers.

Die Bestimmung der spezifischen Wärme der Körper wird mit Hülfe dieses Apparates auf folgende Weise ausgeführt. Die zu untersuchende Substanz wird abgewogen (wenn es sich um einen festen Körper handelt, giebt man ihm womöglich eine abgerundete Form), der obere Deckel des Erwärmers wird abgeschraubt und sammt den Löffeln entfernt; dann klemmt man die zu untersuchende Substanz zwischen die Löffel, worauf man sie wieder in den Kanal einführt und den Deckel festschraubt. Es ist zu empfehlen, zwischen dem Deckel und der Oberfläche des Zylinders einen Bleiring einzusetzen, um eine bessere Abdichtung des inneren Zylinders zu bewerkstelligen, denn hermetischer Schluss desselben ist eine Hauptbedingung eines genauen Versuches. Das Thermometer, welches die Temperatur im inneren Zylinder des Erwärmers angiebt, soll womöglich den erwärmten Körper berühren.

Die zum Erwärmen gewählte Flüssigkeit wird in den Kessel gegossen, der unter der Plattform angebrachte kreisförmige Brenner angezündet und das Kühlwasser in Gang gebracht. Dabei ist der Erwärmer auf dem Geleise vom Kalorimeter um mehr als einen Meter entfernt.

Bei Versuchen, welche ich in der letzten Zeit angestellt habe, wurde die spezifische Wärme verschiedener organischer Flüssigkeiten zwischen einer Temperatur, welche um 1 oder höchstens 2 Grad unter der Siedetemperatur der Substanzen lag, und der Zimmertemperatur, d. h. etwa 20°, bestimmt. Die Siedetemperaturen variirten ungefähr zwischen 100° und 80°.

Die Flüssigkeiten, deren spezifische Wärmen bei Temperaturen zwischen 20° und nicht über 120° bestimmt wurden, befanden sich in eiförmigen Glasgefässen. Damit dieselben im Kalorimeterwasser untersinken konnten, wurde in die Glasgefässe ungefähr 5 *g* dicker Platindraht (in kurzen Stücken) mit eingeschmolzen. Dabei war das Gewicht des Glases, des Platins und der Flüssigkeit genau bekannt, ebenso die spezifische Wärme des Glases, aus dem die Glasgefässe bestanden. Ein so beschaffenes Glasgefäss sank beim Fallen in das Kalorimeter bis zum Boden desselben und hielt sich in einer genau bestimmten Stellung, vollkommen vom Wasser bedeckt, in der Mitte des Kalorimeters, vom Drahtkorbe desselben gestützt, sodass die Bewegung des Rührers nicht behindert wurde. Bei Erwärmungstemperaturen über 120° konnten Glashüllen nicht mehr benutzt werden, denn sie zersprangen gewöhnlich beim Fallen in das Kalorimeterwasser. Für solche Fälle wurden längliche, abgerundete Silberhüllen gebraucht. Die spezifische Wärme des Silbers wurde durch besondere Versuche festgestellt. Die feine, etwa $1^1/_2$ *mm* weite Oeffnung dieser Hüllen wurde mittels eines zinnernen Pfropfens geschlossen und dann verlöthet, wobei der untere Theil des Gefässes mit Schnee umhüllt wurde. Das Gewicht des Silbers, des Zinnes und der eingeschlossenen Flüssigkeit wurden genau bestimmt. Für Flüssigkeiten, von denen

ich gewöhnlich 5 bis 8 *g* benutzte, war eine Erwärmungszeit von etwa 3 Stunden erforderlich, um den Körper genau auf die erforderliche Temperatur zu bringen. Je nach der Quantität der zum Versuche verwandten Flüssigkeit gebrauchte ich zwei verschiedene Kalorimeter, von denen das erste etwa 200, das andere 250 g Wasser fasste.

Als Flüssigkeiten, in deren Dämpfen die von mir studirten Substanzen erwärmt werden sollten, habe ich gewöhnlich die Theile derselben Flüssigkeit gebraucht, welche beim Fraktioniren als weniger rein beseitigt wurden. In einigen Fällen, wo diese Theile in ungenügender Menge vorhanden waren, habe ich auch zu Gemischen meine Zuflucht genommen. Ich gebe hier eine Liste von reinen Flüssigkeiten und Gemischen, die bei meinen Versuchen Verwendung fanden, und die Temperaturen, welche mit ihrer Hülfe im innern Kanale des Erwärmers erhalten wurden.

Aethylalkohol	77,7°,
unreiner Propylalkohol	79,0°,
kohlensaures Methyl	88,3°,
Toluol	109,0°,
Toluol- und Xylolmischung	114,0°,
Gemisch von Xylol und Dekan	124,8°,
oder 80% Xylol und 20% Tolnol	126,2°,
Xylol	137,0°,
Mischung von Xylol und Dekan, oder Toluol und Dekan, etwa	142,0°,
unreines Dekan	155,9°.

Ich habe beobachtet, dass beim Gebrauch von Mischungen dieselben womöglich aus ähnlichen Snbstanzen bestehen sollten. So haben mir z. B. Gemische von Xylol und Tolnol immer sehr gute Dienste geleistet. Dabei verdampfte natürlich das leichter flüchtige Toluol und musste von Zeit zu Zeit in ganz kleinen Qnantitäten (nicht über 1 *ccm* auf einmal) ersetzt werden, um ein Steigen der Temperatur zu vermeiden.

Die Quecksilbernormale der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt für das Ohm[1]).

Von
Wilhelm Jaeger.

Die hier im Auszug mitgetheilten Untersuchungen, welche die Herstellung von Qnecksilbernormalen zum Zweck der gesetzlichen Festlegung der Einheit des elektrischen Widerstandes für Dentschland behandeln und *a. a. O.* mit Angabe des Beobachtungsmaterials ausführlich veröffentlicht sind, wurden bis zum November 1892 gemeinschaftlich mit dem früheren Mitglied der Reichsanstalt Dr. Kreichgauer angestellt und später vom Verfasser allein weitergeführt.

Einleitung.

In den Vorschlägen des Kuratoriums der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt[2]) ist das gesetzliche Ohm definirt als „der elektrische Widerstand einer Quecksilbersäule

[1]) Aus den *Wissenschaftlichen Abhandlungen der Physikal.-Techn. Reichsanstalt* **2.** *S. 379 bis 500. 1895* (Verlag von Julius Springer, Berlin) mitgetheilt vom Verfasser.

[2]) „Vorschläge zu gesetzlichen Bestimmungen über elektrische Maasseinheiten", entworfen durch das Kuratorium der Physik.-Techn. Reichsanstalt; Beiheft zu *dieser Zeitschrift* **13.** *1893.*

von der Temperatur des schmelzenden Eises, deren Länge bei durchweg gleichem Querschnitt 106,3 *cm* und deren Masse 14,452 *g* beträgt, was einem Quadratmillimeter Querschnitt der Säule gleich geachtet werden darf"[1]).

Die Herstellung der so definirten Widerstandsnormale liegt der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt ob, welche eine Anzahl Glasröhren aufzubewahren hat, deren Werthe in Ohm durch Kalibrirung und Längenmessung der Rohre, sowie durch Auswägung ihrer Quecksilberfüllung ermittelt sind und von Zeit zu Zeit in gleicher Weise kontrolirt werden.

Für die amtliche Beglaubigung der in den Verkehr gelangenden Widerstände werden Normale aus geeigneten Metallverbindungen verwendet, deren Widerstandswerth in Ohm durch Anschluss an die Quecksilbernormale ermittelt und durch alljährlich wenigstens einmal zu wiederholende Vergleichungen mit denselben sichergestellt wird[2]).

Da jede neue Füllung eines Normalrohres mit einem die Messungsfehler der elektrischen Widerstands-Vergleichung übersteigenden, individuellen Fehler behaftet ist, so hat als Widerstand des Rohres das Mittel aus mehreren Füllungen zu gelten, sodass die Widerstandseinheit in diesem Sinne stets neu reproduzirt werden muss. Ausserdem beschränkt man sich wegen der Zerbrechlichkeit des Glases nicht auf *ein* Normalrohr, sondern stellt deren *mehrere* her und nimmt den Mittelwerth derselben als Einheit des Widerstandes an. Allerdings ist diese Einheit dann weniger genau, als die Messmethoden, denn die elektrischen Messungen lassen sich bis auf ein Milliontel des Werthes sicher ausführen, während bei den Reproduktionen der elektrischen Einheit die Genauigkeit höchstens ein Hunderttausendtel beträgt. Diese Genauigkeit reicht übrigens für alle Anwendungen vollständig aus; bei den Messungen der Spannung und der Stromstärke ist schon die vorhergehende Dezimale unsicher.

Die *Unveränderlichkeit der Einheit* konnte man dadurch prüfen, dass zahlreiche Kopien (theils Quecksilber-, theils Draht-Kopien) wiederholt unter sich und mit den Quecksilbernormalen verglichen wurden. Die Gesammtheit dieser Widerstände (einschliesslich der Quecksilbernormale) repräsentirt eine von zufälligen Aenderungen unabhängige Einheit. Die Quecksilberkopien sind später näher beschrieben; als Drahtkopien eignen sich die von der zweiten Abtheilung der Reichsanstalt in die Wissenschaft und Technik eingeführten Manganinwiderstände besonders gut. Es hat sich herausgestellt, dass sich dieselben im Lauf der Zeit sehr wenig ändern (innerhalb zweier Jahre betrug die Aenderung nur wenige Hunderttausendtel). Ausserdem

[1]) Diese Definition des „Internationalen Ohm" durch Länge und Masse ist im Herbst 1893 auf dem internationalen Kongresse zu Chicago allgemein angenommen worden. Durch Einführung der Masse an Stelle des Querschnitts macht man sich von dem nicht genau bekannten Verhältniss zwischen Kilogramm und Liter unabhängig; es bleibt dann bei einer Neubestimmung dieses Verhältnisses die Einheit des Widerstandes ungeändert. (Vergl. Näheres hierüber in den erwähnten „Vorschlägen", und R. Wachsmuth, Zur Frage der Legalisirung elektrischer Maasseinheiten, *Elektrotechn. Zeitschr.* **14.** *S. 353. 1893.*)

[2]) Bis zur Herstellung dieser Quecksilbernormale von Seiten der I. Abtheilung der Reichsanstalt wurden den amtlichen Beglaubigungen eingesandter Widerstände in der II. (technischen) Abtheilung die Drahtkopien dreier daselbst hergestellter Quecksilberwiderstände zu Grunde gelegt. (Vergl. St. Lindeck, *diese Zeitschrift* **11.** *S. 173. 1891.*) Die direkte Vergleichung dieser letzteren mit den hier beschriebenen Normalen bei 0° und unter Anwendung der auf S. 142 beschriebenen Endgefässe ergab eine Uebereinstimmung bis auf etwa $^1/_{10000}$ Ohm. Hinsichtlich der erwähnten Drahtkopien vergl. die Veröffentlichung von Feussner und Lindeck (*Wissensch. Abh. der P.-T. R.*, **2.** *S. 501* und *diese Zeitschrift* **15.** *S. 394* u. *425. 1895.*

lassen sie wegen des kleinen Temperaturkoefficienten (durchschnittlich 1 bis 2 Hunderttausendtel pro Grad bei Zimmertemperatur) sehr genaue Messungen zu.

Da der Definition der Einheit des elektrischen Widerstandes eine Temperatur von 0° zu Grunde gelegt ist, so erschien es rathsam, sowohl die elektrische Vergleichung, wie auch die Längenmessung und Auswägung der Rohre direkt bei 0° vorzunehmen. Man vermeidet damit alle durch Reduktion von einer höheren Temperatur auf 0° sonst entstehenden Fehler, welche besonders bei der elektrischen Vergleichung sehr bedeutend werden können. Ausserdem bietet die Temperatur von 0° durch ihre Konstanz und leichte Reproduzirbarkeit bedeutende Vortheile.

Zu Normalen des elektrischen Widerstandes waren anfänglich nur die beiden Rohre Nr. XI und Nr. XIV aus Jenaer Glas 16^{III} bestimmt, an welche auch die Quecksilber- und Draht-Kopien angeschlossen wurden. Die Untersuchung dieser Rohre ist im Folgenden mitgetheilt. Zur Kontrole wählte man jedoch später aus einer neuen grösseren Sendung Jenaer Glases 16^{III} noch drei andere Normalrohre Nr. 106, 114, und 131 aus, deren Untersuchung noch nicht vollständig durchgeführt werden konnte. Ueber diese Rohre, die gemeinschaftlich mit Herrn Dr. Wachsmuth ausgemessen wurden und ihre Vergleichung mit den Normalen Nr. XI und Nr. XIV soll in einer späteren Veröffentlichung berichtet werden.

A. Geometrische Auswerthung des Widerstandes der Quecksilbernormale Nr. XI und Nr. XIV.

Die geometrische Auswerthung eines Widerstandsrohres setzt sich zusammen 1. aus der Kalibrirung, 2. aus der Längenmessung des Rohres und 3. aus der Wägung der Quecksilbermasse, welche dasselbe bei 0° ausfüllt.

1. Kalibrirung der Normalrohre. — Die zur Kalibrirung erforderliche Theilung wurde auf den Rohren selbst angebracht, damit die berechneten Kaliberkorrektionen für fest bestimmte Punkte des Rohres gelten. Da die Theilung unter Berücksichtigung der Schraubenfehler der Theilmaschine in der Reichsanstalt selbst ausgeführt war, so überschritten die Fehler derselben, wie eine sorgfältige Untersuchung der Theilung von Strich zu Strich ergab, nicht einige hundertel Millimeter. Die Kalibrirung wurde nach den bewährten, bei den Thermometern gebräuchlichen Methoden ausgeführt, für welche auch die Berechnungsweise vollständig durchgebildet ist. Es wurden daher zunächst die Kaliberkorrektionen bestimmt, aus denen sich ohne Weiteres die relativen Querschnitte ergeben. Die Querschnitte des Rohres müssen an möglichst vielen Stellen ermittelt werden, sodass man zur Berechnung des Widerstandes keine Annahme mehr über den Verlauf der Querschnittskurve zu machen braucht. Das Endresultat muss das gleiche bleiben, ob man die kleinsten Intervalle als Kegel oder als Zylinder berechnet. Ist dies nicht der Fall, so sind möglicherweise beide Resultate falsch, und die Querschnitte müssen dann noch an mehr Stellen bestimmt werden.

Die Rohre Nr. XI und Nr. XIV sind auf eine Länge von 1000 *mm* getheilt, und auch die Kalibrirung wurde auf dieses Intervall ausgedehnt, sodass der Verlauf der Querschnittskurve auch über die später abgeschnittenen Enden hinaus bekannt ist. Der kleinste bei der Kalibrirung verwandte Faden hatte eine Länge von etwa 20 *mm*; da sich jedoch bei dem Aneinandersetzen so kurzer Fäden die Beobachtungsfehler häufen und dadurch das Resultat gefälscht werden kann, so wurden noch die Korrektionen der Hauptpunkte von 100 *mm* zu 100 *mm* mit mehreren Fäden festgelegt. Bei den Fäden von 20 *mm* Länge macht sich der Einfluss der Quecksilberkuppe schon recht bemerklich. Die Kuppenhöhe betrug bei einem Durchmesser der Kapillare von

etwa 1 *mm* durchschnittlich etwa 0,25 *mm*, sodass das Volumen der Kuppen rund 1% der Fadenmasse ausmacht. Es wäre daher unzweckmässig gewesen, noch kürzere Fäden zu verwenden; auch zeigte es sich, dass eine Kalibrirung von 20 zu 20 *mm* ausreichend genaue Resultate liefert. Die Kuppenhöhe wurde stets bestimmt, um den durch die Aenderung derselben bewirkten Fehlern Rechnung tragen zu können. Zur Kontrole wurden ferner alle Fäden gewogen.

Bei der Kalibrirung befestigte man die Rohre auf der Theilmaschine; das Verschieben der Fäden erfolgte mit Hülfe von Gummischläuchen, die über die Enden der Glasrohre geschoben waren und in denen die Luft durch Druck mit dem Finger komprimirt wurde. Zur Bestimmung der Länge der Quecksilberfäden dienten ein bezw. (bei langen Fäden) zwei Mikroskope, deren Fadenkreuze man auf die beiden den Enden des Quecksilberfadens benachbarten Theilstriche sowie auf Basis und Scheitel der Kuppe einstellte. Die sicherste Einstellung ermöglicht die Basis der Kuppen, da sich dieselbe bei gut gereinigten Röhren scharf an der Rohrwandung abgrenzt. Daher wurde die Länge der Fäden von Basis zu Basis ermittelt und sodann eine Korrektion wegen der Kuppe zugefügt. Alle Kaliberkorrektionen berechnete man, wo es der Einstellung der Fäden wegen nöthig erschien, in zwei Annäherungen. Die Rechnungen ergaben, dass eine Kalibrirung der Rohre mit einem Faden von 20 *mm* allein nicht ausgereicht hätte, dass vielmehr dadurch Fehler von einigen Hunderttausendtel des Widerstandes entstanden wären. Legt man dagegen noch die Hauptpunkte der Rohre von 100 *mm* zu 100 *mm* durch einen Faden von 100 *mm* und einen solchen von 500 *mm* fest und transformirt die aus dem Faden von 20 *mm* gefundene Kaliberkurve auf die so bestimmten Punkte, so wird der Kaliberfaktor ausreichend genau.

Für das Abschneiden der Rohre waren folgende Gesichtspunkte maassgebend: 1. der Widerstand sollte 1 *Ohm* möglichst nahe kommen; 2. an den durchschnittenen Stellen sollte das Rohr möglichst zylindrisch sein; 3. die Schnittstellen sollten mit Hauptpunkten der Kalibrirung möglichst zusammenfallen.

Das Durchschneiden der Rohre und Schleifen der Endflächen führte Herr Optiker Magen in Berlin aus; alle Endflächen wurden spiegelnd und möglichst eben polirt. Dies liess sich dadurch ermöglichen, dass man eine grössere Anzahl von Rohren zu einem Bündel vereinigte und auf einer ebenen Glasplatte vorsichtig hin und her bewegte. Um zu verhindern, dass hierbei aus der Kapillare Stücke aussprangen, kittete man in dieselben kleine Glasstäbchen ein. Die Abstände der Schnittflächen von den nächsten Theilstrichen ermittelte man mikrometrisch, da diese Werthe zur Berechnung des Kaliberfaktors nöthig sind. Da die Schnittflächen nicht genau mit einem bei der Kalibrirung benutzten Strich zusammenfallen, so müssen diese kleinen Bruchtheile eines Intervalls bei der Berechnung des Kaliberfaktors mit berücksichtigt werden.

Es sei L die ganze, zwischen den Schnittstellen gemessene Länge des Rohres bei 0°; dieselbe bestehe aus n Intervallen von der Länge l, sowie aus den Längen αl und βl an beiden Enden des Rohres, wo α und β echte Brüche bedeuten. Dann ist zunächst $L = l(\alpha + n + \beta)$ und das Gewicht G der Quecksilberfüllung des Rohres bei 0°

$$G = d\,l(\alpha q_\alpha + q_1 + \cdots q_n + \beta q_\beta),$$

wenn man mit d das spezifische Gewicht des Quecksilbers bei 0° und mit q die Querschnitte der kleinen Theilintervalle bezeichnet.

Die aus der Kaliberkurve sich ergebenden relativen Querschnitte s beziehen sich auf den mittleren Querschnitt der ganzen untersuchten Rohrlänge als Einheit,



während q auf den mittleren Querschnitt der Rohrlänge L zu beziehen ist; man muss dieselben daher mit einer gewissen Konstanten Q multipliziren, um die Grössen q zu erhalten. Es ist also

$$\frac{1}{Q} = \frac{d\,l}{G}\left\{\alpha\, s_\alpha + \sum_1^n s + \beta\, s_\beta\right\}.$$

Der Widerstand W des Rohres bei 0° (ohne Ausbreitungswiderstand) in Siemens-Einheiten ist

$$W = l\left\{\frac{\alpha}{q_\alpha} + \sum_1^n \frac{1}{q} + \frac{\beta}{q_\beta}\right\} = \frac{l}{Q}\left\{\frac{\alpha}{s_\alpha} + \sum_1^n \frac{1}{s} + \frac{\beta}{s_\beta}\right\}.$$

Drückt man hierin $1/Q$ und l durch die obigen Werthe L und G aus, welche durch Ausmessung und Wägung bei 0° bestimmt werden, so findet man schliesslich

$$W = \frac{d\,L^2}{G} \cdot \frac{1}{(\alpha + n + \beta)^2}\left\{\frac{\alpha}{s_\alpha} + \sum_1^n \frac{1}{s} + \frac{\beta}{s_\beta}\right\}\left\{\alpha\, s_\alpha + \sum_1^n s + \beta\, s_\beta\right\};$$

demnach ist der Kaliberfaktor

$$C = \frac{1}{(\alpha + n + \beta)^2}\left\{\frac{\alpha}{s_\alpha} + \sum_1^n \frac{1}{s} + \frac{\beta}{s_\beta}\right\}\left\{\alpha\, s_\alpha + \sum_1^n s + \beta\, s_\beta\right\}.$$

Die Grössen s und $1/s$ sind durch Kalibrirung, die Grössen α und β durch mikrometrische Messung bestimmt.

Nach dieser Formel erhält man für die zwischen den Schnittflächen liegenden Strecken von

Rohr Nr. XI: C = 1,001878,
" " XIV: C = 1,000341.

2. Messung der Länge bei 0°. — Die Längenmessung der Rohre bei 0° wurde in der II. Abtheilung der Reichsanstalt von den Herren Leman und Göpel ausgeführt. Durch Beobachtungen bei verschiedenen Temperaturen wurde auch der lineare Ausdehnungskoeffizient des Jenaer Glases 16^{III} bestimmt, mittels dessen man die in der Nähe von 0° ausgeführten Messungen genau auf 0° reduziren konnte.

Die Messungen ergaben

Länge des Rohres Nr. XI bei 0° = 808,3667 *mm* ± 0,6 μ,
" " " " XIV " 0° = 757,7713 " ± 0,7 μ

und als Ausdehnungskoeffizienten (zwischen 0° und 30° gültig) im Mittel 7,98 μ für 1° und 1 *m*. Dieser Werth stimmt mit den Zahlen anderer Beobachter befriedigend überein[1]).

Die Länge der Rohre ist so nahe bei 0° bestimmt, dass zur Reduktion auf die genaue Temperatur nur eine Korrektion von einigen μ nöthig ist; der Ausdehnungskoeffizient braucht also nur angenähert bekannt zu sein. Der wahrscheinliche Fehler des Resultats beträgt etwa 0,7 μ, während man, um die Länge auf ein Hunderttausendtel zu kennen, nur eine Genauigkeit von 7 bis 8 μ nöthig hätte.

3. Auswägung des Rohrinhalts bei 0°. — Durch die Einrichtungen der Reichsanstalt war es möglich, auch die Auswägung der Rohre bei 0° vorzunehmen, sodass die Reduktionen wegen der Ausdehnung des Glases und des Quecksilbers vermieden wurden. Man benutzte zu diesem Zwecke einen Raum im Maschinenhaus, der durch eine Linde'sche Ammoniakmaschine auf 0° abgekühlt werden kann[2]).

[1]) Vergl. Thiesen und Scheel, Ueber die Ausdehnungskoeffizienten einiger Glassorten, *diese Zeitschrift* **12.** *S. 293. 1892* und **16.** *S. 54. 1896.*

[2]) Näheres hierüber siehe im Original.

Zur Füllung der Rohre im Vakuum und zum Abschliessen der in demselben bei 0° enthaltenen Quecksilbermasse wurde die folgende Methode angewandt. Das untere Ende des senkrecht stehenden Rohres *a* (Fig. 1) kann durch eine ebene Glasplatte *b* verschlossen werden, welche an einem Kugelgelenk der Schraube *c* befestigt ist. Die Schraube besitzt einen sechseckigen Kopf, der in eine am Boden des Glaszylinders *A* festgekittete Schraubenmutter *d* passt; man erreicht hierdurch, dass das Ende *a* des Rohres durch Drehen des Glaszylinders auch unter Quecksilber geöffnet und verschlossen werden kann. Der *luftdichte* Verschluss wird durch gut getrocknetes Quecksilber bewirkt, das etwa bis zur Höhe *H* aufgegossen ist und gleichzeitig zur Füllung des Rohres dient. An dem oberen Ende des Normalrohres ist ein zur Quecksilberpumpe führendes Glasrohr luftdicht befestigt. Gefettete Hähne und Kautschuk sind bei allen diesen Verbindungen vermieden.

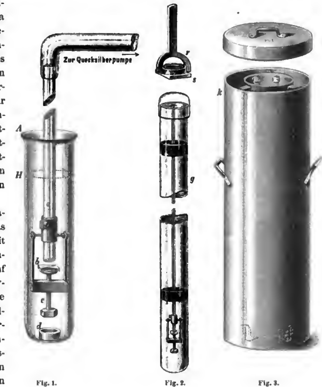


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

Nach dem Evakuiren liess man das Rohr eine Zeit lang mit der Pumpe in Verbindung und löste hierauf durch Drehen des Zylinders *A* die Schraube *c*, sodass das Quecksilber bis auf Barometerhöhe in das Rohr eintrat. Durch Neigen desselben liess man dann nach dem Abschmelzen der Glasverbindung das Quecksilber bis über das obere Ende steigen und stellte hierauf den unteren Verschluss durch die Glasplatte wieder her. Alles anhängende Quecksilber wurde sodann sorgfältig beseitigt und das Rohr senkrecht in eine mit destillirtem Wasser gefüllte, durch einen Deckel verschliessbare Glasröhre *g* gestellt (Fig. 2), welche man in dem inneren Hohlraum des doppelwandigen Kupferzylinders *k* (Fig. 3) vollständig mit Eis aus destillirtem Wasser umgab; das Eis wurde auch noch über der Glaskappe angehäuft.

Nachdem diese ganze Vorrichtung etwa einen Tag in dem oben erwähnten Raum bei 0° gestanden hatte, entfernte man durch Andrücken einer kardanisch montirten Glasplatte *s* (Fig. 2) das überschüssige Quecksilber. Das jedesmal beobachtete Auftreten der Newton'schen Ringe zeigte an, dass die Entfernung der beiden Flächen



nur noch von der Ordnung der Wellenlängen war; bei diesem Abstreichen gestattete der kardanische Ring die Durchsicht auf die kapillare Oeffnung. Unter den gebräuchlichen Vorsichtsmaassregeln wurde sodann das Quecksilber in einem Wägegläschen gesammelt und in einem mit Chlorcalcium gefüllten Trockenapparat auf Zimmertemperatur gebracht. Erst wenn das Wägegläschen längere Zeit in der Waage gestanden hatte, und man somit sicher sein konnte, dass die Temperaturen sich ausgeglichen hatten, wurde zu den Wägungen geschritten, da andernfalls die Luftströmungen beim Wägen Fehler verursacht haben würden. Der zu den Wägungen benutzte Gewichtssatz war sorgfältig ausgewerthet und an das Normal-Kilogramm angeschlossen.

Vor jeder neuen Füllung mit Quecksilber wurden die Wägegläschen mit verdünnter Salpetersäure und destillirtem Wasser gereinigt und nach sorgfältigem Trocknen gewogen. Man war dann sicher, dass keine von früheren Füllungen herrührenden Quecksilbertröpfchen mehr in den Gläschen vorhanden waren, was durch die gute Uebereinstimmung der Gewichte der Gläschen bestätigt wurde. Bemerkenswerth ist die allmähliche Abnahme der Gewichte der Gläschen, die allerdings sehr gering, aber deutlich nachweisbar ist; diese Erscheinung ist jedenfalls auf eine Auflösung des Glases beim Auswaschen zurückzuführen. Für drei Gläschen Nr. 11, 12, 13 erreicht diese Abnahme nach 8 Waschungen etwa 0,2 mg (1/200 % des Gewichts).

Als Endresultat der Auswägung bei 0° ergaben sich folgende Zahlen mit einer Genauigkeit von einem halben Hunderttausendtel:

Rohr Nr.	Masse des Quecksilbers	Entsprechender mittlerer Querschnitt[1]
XI	8,38690 *g*	0,763124 mm^2
XIV	7,38518 *g*	0,716844 mm^2

Die aus der Kalibrirung und dem Gewicht der Fäden abgeleiteten Querschnitte stimmen mit den hier angegebenen Werthen, soweit es sich erwarten liess, überein.

4. Berechnung des elektrischen Widerstandes der Rohre Nr. XI und Nr. XIV bei 0°. — Sieht man zunächst von dem Ausbreitungswiderstand an den Enden ab, so ist bei 0° der Widerstand W in *Siemens-Einheiten* von einer Schliffläche bis zur anderen

$$W = 10^{-6} \cdot C \frac{L^2 d_0}{G},$$

wenn C den Kaliberfaktor bedeutet, L die Länge des Rohres in *mm* bei 0°, G die das Rohr bei 0° füllende Quecksilbermasse in *g* und d_0 die Dichte des Quecksilbers bei 0° = 13,5956.

Der Widerstand W_1 in *legalen Ohm* ist ferner $W_1 = \frac{W}{1,06}$ und der Widerstand W_2 in *internationalen Ohm* $W_2 = C \frac{L^2}{G} \cdot \frac{14,4521}{(1063)^2} = 0,000\,012\,898\,2\, C \frac{L^2}{G}$.[2]

Im Folgenden sind die Werthe von C, L, G, sowie von W_1, W_2 für die Rohre Nr. XI und Nr. XIV zusammengestellt.

---

[1]) Bei Annahme des spez. Gewichts des Quecksilbers bei 0° zu 13,5956.

[2]) Bei der Annahme d_0 = 13,5956 erhält man für die normale Quecksilbermasse 14,4521; diese Zahl ist in England und neuerdings auch in Deutschland an Stelle von 14,452 angenommen worden; vergl. dagegen S. 135.

	Nr. XI	Nr. XIV
C	1,001878	1,000341
L	808,3667 *mm* bei 0°	757,7713 *mm* bei 0°
G	8,38690 *g* bei 0°	7,38518 *g* bei 0°
W_1	1,001204 *leg. Ohm* bei 0°	0,997599 *leg. Ohm* bei 0°
W_2	0,998376 *int. Ohm* bei 0°	0,994781 *int. Ohm* bei 0°

Der Faktor für den Ausbreitungswiderstand a wurde zu 0,80 angenommen. Die Endradien r_1 und r_2 sind aus der Querschnittskurve und dem mittleren Querschnitt Q abgeleitet.

Aus diesen Werthen berechnet sich der Ausbreitungswiderstand A an den Enden der Rohre, der zu dem Widerstand der Rohre selbst zu addiren ist, nach der Formel

$$A = 10^{-3} \frac{a}{\pi} \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right) \textit{ Siemens-Einheiten},$$

wenn r in *mm* ausgedrückt wird.

Die zusammengehörigen Werthe sind für beide Rohre in der folgenden Tabelle enthalten.

	Nr. XI	Nr. XIV
r_1	0,51103 *mm*	0,48101 *mm*
r_2	0,47175 „	0,48799 „
A_1	0,000979 *leg. Ohm*	0,000991 *leg. Ohm*
A_2	0,000976 *int. Ohm*	0,000989 *int. Ohm*

Den im Folgenden mitgetheilten elektrischen Messungen sind die Widerstände der Rohre in *legalen Ohm* zu Grunde gelegt mit Annahme eines Ausbreitungsfaktors von 0,80 und des spez. Gew. des Quecksilbers bei 0° zu 13,5956. Aus den obigen Angaben erhält man also für den Widerstand in legalen Ohm bei 0° nebst Ausbreitungswiderstand für

Rohr Nr. XI . . . 1,002183 *leg. Ohm*,
„ „ XIV . . . 0,998590 „ „ .

B. Elektrische Widerstands-Messungen.

Für die elektrischen Messungen von Quecksilberwiderständen bietet die Anwendung der Temperatur von 0° ganz besondere Vortheile, da sich der spezifische Widerstand des Quecksilbers mit der Temperatur bedeutend ändert. Wenn nämlich die Messungen bei Zimmertemperatur ausgeführt werden, so beträgt die Reduktion des Widerstandes des Quecksilbers auf 0° nahezu 2% des Werthes. Will man also ein Hunderttausendtel des Widerstandes verbürgen können, so muss diese Korrektion auf mindestens $^1/_{20}$ % bekannt sein. Durch die in sehr guter Uebereinstimmung befindlichen Messungen des Temperaturkoeffizienten des Quecksilbers in der Reichsanstalt und im *Bureau international*[1]) ist die Unsicherheit dieses Koeffizienten, welche früher leicht Fehler von mehreren Zehntausendtel zur Folge haben konnte, zwar auf wenige Hunderttausendtel herabgedrückt worden; indessen ist es immer rathsam, eine Korrektion von solcher Grösse lieber zu vermeiden. Ferner muss man zur Erlangung der angegebenen Genauigkeit die Temperatur des Rohres auf $^1/_{100}$° genau

[1]) D. Kreichgauer und W. Jaeger, *Wied. Ann.* **47.** *S. 513. 1892*; Ch.-Ed. Guillaume, *Compt. rend.* **115.** *S. 414. 1892.*

kennen; dies ist jedoch bei der schlechten Wärmeleitung des Glases nur durch Anwendung sehr konstanter Bäder zu erreichen, da sonst die Temperatur des Quecksilbers im Rohre von derjenigen des Thermometers beträchtlich abweichen kann. Diese Schwierigkeiten werden aber fast vollständig vermieden, wenn man bei 0° unter Anwendung eines Eisbades beobachtet.

In Fig. 4 ist zunächst das zur Vergleichung der Normalrohre bei 0° angewandte Bad abgebildet. Das auf einer Messingschiene *m* montirte Rohr befindet sich

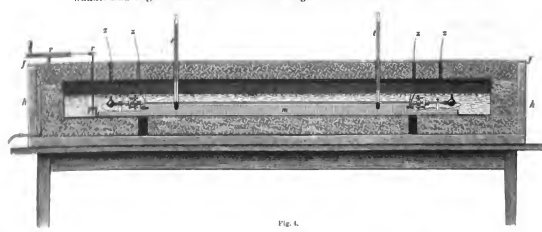


Fig. 4.

in einem mit Petroleum gefüllten Kupferkasten *k*, der durch einen Deckel mit übergreifenden Kanten verschlossen ist. Dieser Kasten steht in der Mitte eines Holzkastens *h*, der innen mit Kupfer bekleidet ist, und der bis oben hin mit fein gestossenem Eis gefüllt wird. Das Schmelzwasser kann bei *x* in einer solchen Höhe abfliessen, dass es nicht in den Kupferkasten gelangt; durch eine Filzlage *f* wird das Eis nach aussen geschützt.

Zur Durchführung der Zuleitungen *z*, der Thermometer *t* und der Rührvorrichtung *r* sind in dem Deckel des Kastens Messingrohre eingelöthet, welche bis zu der Filzlage reichen und zur Isolation innen mit Glasröhren versehen sind. Die mit Seide umsponnenen Zuleitungsdrähte wurden noch mit Schellacklösung bestrichen; die oberen Oeffnungen der Messingrohre verschloss man durch Watte, welche mit Petroleum getränkt war; vor jeder Messung prüfte man ausserdem die Isolation der Drähte gegen den Kupferkasten.

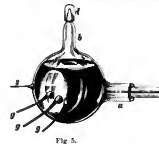


Fig 5.

Die in Zehntel-Grade getheilten Thermometer (Einschluss-Thermometer von Fuess aus Jenaer Glas 16^{III}) wurden mikrometrisch abgelesen und ihre Nullpunkte öfters bestimmt. Die Temperatur des Petroleumbades war bei den meisten Messungen nur einige tausendtel Grade über Null (entsprechend einer Korrektion des Widerstandes von einigen Millionteln); durch Nachfüllen von Eis konnte die Temperatur des Bades beliebig lange auf ungefähr $^1/_{1000}$ Grad konstant erhalten werden.

Die Endgefässe hatten stets die in Fig. 5 abgebildete kugelförmige Gestalt mit

einem Durchmesser von etwa 3 *cm*; das Ansatzstück *a* dient dazu, das Rohrende einzuführen und zu befestigen, durch den Ansatz *b* kann das Rohr mit der Luftpumpe verbunden bezw. mit Quecksilber gefüllt werden. Der Strom wird durch einen etwa 1 *mm* dicken eingeschmolzenen Platindraht *s* zugeleitet, welcher der kapillaren Oeffnung des Rohres gerade gegenübersteht, während die dünnen Platindrähte *g* zum Galvanometer und Nebenschluss führen. Der Widerstand des Rohres rechnet dann von der Stelle im Innern des Quecksilbers an, wo die Stromlinien die Galvanometerdrähte schneiden. Durch das aufgekittete Verschlussstück *d* wird das Endgefäss vollständig abgeschlossen, sodass man das ganze Rohr in Petroleum eintauchen kann.

Zum Zweck der *Füllung mit Quecksilber* wurden die Rohre zunächst sorgfältigst gereinigt, und zwar unter Vermeidung von Alkalien, weil diese stets etwas von der Glaswandung auflösen. Um alles Fett zu beseitigen, liess man Benzin und darauf absoluten Alkohol in Perlen langsam durch das Rohr saugen, worauf mit destillirtem Wasser nachgespült wurde. Als letztes Reinigungsmittel kam stets Uebermangansäure in Anwendung, nachdem meist vorher noch starke Säuren (Königswasser etc.) benutzt worden waren. Hierauf wurde längere Zeit destillirtes Wasser durch die Röhre geleitet und sodann mehrere Stunden lang trockene Luft hindurchgesaugt. Durch diese Behandlung erreichte man es, dass die Wasserhaut die Rohrwandung ganz gleichmässig benetzte und dass deren allmähliches Verschwinden beim Trocknen durch das Auftreten Newton'scher Farben beobachtet werden konnte. Zwischen jeder Neufüllung wurden die Rohre in dieser Weise gereinigt, ebenso auch bei der Auswägung des Quecksilberinhaltes; die Füllung der Rohre geschah stets im Vakuum. Das Quecksilber war durch Destillation im Vakuum und durch nachfolgende Elektrolyse gereinigt[1]) und wurde jedesmal vor dem Gebrauch filtrirt. Die Widerstände der verschiedenen Füllungen der Rohre stimmten bis auf wenige hunderttausendtel *Ohm* überein. Auch konnte keine Veränderung des Widerstandes konstatirt werden, wenn die Rohre lange Zeit mit Quecksilber gefüllt blieben.

Die bei den Messungen angewandte *Stromstärke* betrug ungefähr 0,01 *Ampère*. Man darf natürlich nur so schwache Ströme benutzen, dass die Temperatur des Quecksilbers im Rohre durch dieselben nicht erhöht wird. Lässt man etwas stärkere Ströme durch das Quecksilber gehen, so steigt die Temperatur desselben und nähert sich allmählich einer Grenze, welche durch den äusseren und inneren Radius des Glasrohres, durch die Wärmeleitungsfähigkeit *k* des Glases und die Stromstärke bestimmt wird. Die Erwärmung des Quecksilbers ist dem Quadrat der Stromstärke proportional. Bei einem Versuch mit den Normalrohren erhielt man z. B. für 0,15 *Ampère* eine in Widerstandsänderung gemessene Temperaturerhöhung von $0^0{,}03$, sodass also eine Stromstärke von 0,01 *Ampère* ohne Bedenken auch bei längerem Stromschluss angewendet werden darf.

Da bei den Messungen dünne Stromzuleitungen verwendet wurden, so konnte nur die Widerstandsvergleichung nach der Methode des übergreifenden Nebenschlusses von Kohlrausch[2]) in Betracht kommen, da bei dieser allein die dicken Zuleitungen entbehrlich sind und gleichzeitig Thermokräfte und Verbindungswiderstände eliminirt werden. Bei dieser Methode (Fig. 6) durchläuft der von der Elektrizitätsquelle *E* kommende Strom die beiden mit einander zu vergleichenden Wider-

[1]) Vergl. W. Jaeger, Notiz über Reinigung des Quecksilbers, *diese Zeitschrift* **12.** *S. 354. 1892* und *Wied. Ann.* **48.** *S. 209. 1893.*

[2]) F. Kohlrausch, *Wied. Ann.* **20.** *S. 76. 1883* und *Leitfaden der praktischen Physik*, 7. *Aufl. S. 286. 1892.*

stände W_1, W_2 hintereinander; die beiden Rollen des Differentialgalvanometers G sind in der aus der Figur ersichtlichen Weise mit den Enden der Widerstände verbunden. Das Galvanometer bleibt in Ruhe, wenn der Widerstand dieser beiden Rollen, sowie die Widerstände W_1 und W_2 gleich gross sind, vorausgesetzt dass die magnetische Wirkung der von gleich starkem Strome durchlaufenen Rollen auf die Nadel dieselbe ist. Bei der einen Stellung des Kommutators K_1 werden diese Widerstände W_1 und W_2 in der Richtung 1, 2, 3, 4 durchlaufen, bei der anderen Stellung in der Richtung 2, 1, 4, 3; die Umstellung des Kommutators K_2 bewirkt eine Umkehrung des Hauptstromes und die Ausschläge des Galvanometers werden dadurch entgegengesetzt. Auf diese Weise wird der Einfluss von Thermokräften innerhalb der zu messenden Widerstände, sowie der einer etwaigen Asymmetrie des Galvanometers beseitigt. Der Nebenschluss N dient zum Abgleichen der beiden Widerstände W_1 und W_2, I und II sind Ballastwiderstände in den Galvanometerzweigen, der Nebenschluss S stellt die Gleichheit der Widerstände dieser beiden Zweige her. Die Methode ist, wie die Versuche zeigten, auch bei einem *relativ kleinen* Galvanometer-Widerstand vollständig einwurfsfrei, wenn die Richtkraft beider Zweige auf die Nadel gleich ist, und wenn die Widerstände der beiden Zweige abgeglichen sind.

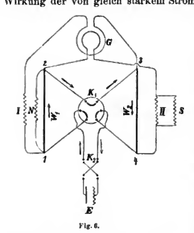


Fig. 6.

Das bei den Widerstandsmessungen benutzte Thomson'sche Differentialgalvanometer (von Elliot) besitzt in jedem Zweig einen Widerstand von 2×3 *Ohm* und hat bei 2 *m* Skalen-Abstand und etwa 4 Sekunden Schwingungsdauer eine Empfindlichkeit von etwas über 10^{-8} *Ampère* für 1 *mm*. Bei den Widerstandsmessungen mit 1 *Ohm* betrug der Ballastwiderstand im Galvanometer gewöhnlich 16 *Ohm* für jeden Zweig; die Stärke des Hauptstroms war in der Regel 0,01 *Ampère*, und 1 *mm* Ausschlag entsprach ungefähr einer Aenderung des Widerstandes W_1 (bezw. W_2) von $^1/_{1000}$ %. Da ein Ausschlag von $^1/_{10}$ Skalentheil noch sicher bestimmt werden konnte, so war selbst bei so schwachem Strom die Widerstandsmessung auf ein Milliontel des Werthes genau auszuführen. Diese Empfindlichkeit war deshalb erforderlich, weil, wie erwähnt, bei genauen Widerstandsmessungen, besonders von Quecksilberwiderständen, nur ganz schwache Ströme verwendet werden dürfen.

Zur Kontrole der nach dieser Methode ausgeführten Widerstandsvergleichungen wurde mitunter noch eine zweite Methode angewandt, bei der die Galvanometerzweige völlig stromlos sind. Dieselbe gab bis auf 1 Milliontel dasselbe Resultat. (Vergl. hierüber auch *Wied. Ann. 47. 519. 1892.*)

Bei der elektrischen Vergleichung der Quecksilbernormale benutzte man vier der eingangs erwähnten *Manganinwiderstände* als Hülfsnormale, welche ihrerseits unter sich verglichen und auch an die Quecksilberkopien angeschlossen wurden. Die Temperaturkoeffizienten dieser Widerstände wurden zwischen 5° und 25° bestimmt und mit Hülfe derselben alle Messungen auf 18° reduzirt.

Die Genauigkeit der Messungen beträgt, wie aus den Ausgleichungen hervorgeht, einige Milliontel des Werthes. Mit den Manganinwiderständen wurden die

Normalrohre im März 1892 und im Dezember 1894 resp. Febr. 1895 in mehreren Reihen verglichen. Die bei der Berechnung dieser Beobachtungen übrigbleibenden Fehler betragen nur wenige Hunderttausendtel, wenn die durch die geometrische Ausmessung ermittelten Werthe der Normalrohre dabei zu Grunde gelegt und die Werthe der Manganinwiderstände unter Benutzung der relativen Vergleichung derselben abgeleitet werden; die nähere Angabe der Messungsergebnisse würde hier zu weit führen. Es stimmt also die berechnete Differenz der Rohre mit der beobachteten innerhalb derselben Grenzen überein. Beide um fast drei Jahre auseinanderliegenden Serien ergeben für die Manganinwiderstände Werthe, die bis auf etwa 2 Hunderttausendtel übereinstimmen; dadurch ist die Konstanz dieser Widerstände wie die der Normalrohre bis auf denselben Betrag sehr wahrscheinlich.

Einen weiteren Beleg hierfür bieten die Messungen mit 14 Quecksilberkopien. Die Konstruktion dieser Kopien ist aus Fig. 7 ersichtlich. Dieselben bestehen, ebenso

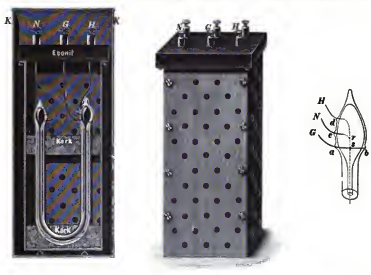


Fig. 7. Fig. 7a. Fig. 8.

wie die Normalrohre, aus Jenaer Glas 16^{III} und sind theils einfach U-förmig, theils W-förmig gebogen. Nach dem Fertigstellen der Glasbläserarbeit wurden die Kopien zur Beseitigung der im Glas vorhandenen Spannungen in einem Muffelofen der Kgl. Porzellanmanufaktur zu Charlottenburg auf etwa 350° C. erhitzt und darauf in dem zugemauerten Ofen langsam während zweier Nächte und eines Tages abgekühlt. Die Füllung der Kopien mit Quecksilber im Vakuum geschah in ähnlicher Weise, wie bei den Normalrohren; sodann wurden die Gefässe, welche bis auf einen kleinen Raum vollständig mit Quecksilber gefüllt waren, an ihrer oberen Spitze zugeschmolzen. Die Art der Zuleitung des Stromes u. s. w. zeigt Fig. 8. In die beiden Endgefässe jeder Kopie sind je drei Platindrähte eingesetzt, die mit den Klemmen *H*, *G*, *N* der Messinghülse (Fig. 7a) verbunden wurden. Durch den Draht *H* wird der Hauptstrom zugeleitet, während *N* zum Anlegen des Nebenschlusses dient. Der unterste Platindraht *G* dient zum Anlegen des Galvanometerdrahtes und ist zur Sicherung seiner Lage an den gegenüberliegenden Stellen *a* und *b* eingeschmolzen. Der Widerstand einer

Kopie zählt somit von einem festen Punkt s innerhalb des Endgefässes an, dem Kreuzungspunkt des Galvanometerdrahtes mit den Stromlinien, was für die Konstanz der Widerstände sehr wesentlich ist. Besondere Sorgfalt musste man auf eine gute Isolirung der von den Platindrähten zu den Klemmen H, N, G führenden Drähte verwenden; die mit Seide doppelt umsponnenen Kupferdrähte wurden daher nach dem Verlöthen mit Schellacklösung getränkt und sodann noch mit Seidenpapier umwickelt, welches ebenfalls mit Schellacklösung bestrichen wurde. Die Montirung der Kopien in den Messinghülsen durch Korke ist aus Fig. 7 ohne Weiteres verständlich. Um die Widerstände auf die Temperatur von 0° zu bringen, senkte man sie in einen oben offenen, mit Petroleum gefüllten Messingkasten K ein, der durch einen Ebonitdeckel verschlossen und bis zu seinem oberen Rande in ein Gemisch aus fein gestossenem Eis und Wasser eingetaucht wurde. Die Klemmen waren noch mit Petroleum bedeckt, sodass auch diese sich annähernd auf 0° befanden. Die Quecksilberkopien selbst tauchen tief in das auf 0° abgekühlte Petroleum ein, da die Zuleitungsdrähte von den Klemmen zu den Platindrähten durchschnittlich 10 *cm* lang sind.

Eine Vergleichung sämmtlicher Quecksilberkopien untereinander und mit den Manganinwiderständen wurde im Herbst 1892 und im Frühjahr 1894 vorgenommen, während in der Zwischenzeit nur einzelne dieser Kopien zu Messungen herangezogen wurden. Die Kopien wurden dabei in Gruppen von je 5 in Eis gestellt und in mehreren Kombinationen verglichen.

Die Quecksilberkopien haben sich nach diesen Messungen ebenfalls grossentheils bis auf 1 bis 2 Hunderttausendtel konstant erhalten, nur bei zweien erreicht die Aenderung ein Zehntausendtel. Jedenfalls wird durch diese Messungen die Annahme von der Unveränderlichkeit der Normalrohre und Manganinwiderstände innerhalb der angegebenen Grenzen von 1 bis 2 Hunderttausendtel vollauf bestätigt. Man kann also sicher sein, dass die durch die Normalrohre, die Quecksilberkopien und Drahtwiderstände repräsentirte Einheit des elektrischen Widerstandes während zweier Jahre innerhalb ein bis zwei Hunderttausendtel konstant geblieben ist.

Selbstthätige Quecksilberfallpumpe.

Von
H. Boas.

Die Quecksilberluftpumpen Sprengel'schen Systems der bisherigen Konstruktionen waren, falls mehr als ein Fallrohr angewandt werden sollte, entweder auf Fallrohre von mehr als Barometerlänge angewiesen, oder aber bei Verkürzung der Fallrohre darauf, dieselben oben und unten mit den übrigen Pumpentheilen durch Verschmelzung zu verbinden. Dies letztere ist beispielsweise bei der Tropfenpumpe von Neesen der Fall. Die Pumpen ersterer Art sind durch ihre Länge unhandlich, diejenigen der zweiten sind allerdings handlicher, aber für den Glasbläser schwer herzustellen und infolge der unvermeidlichen Kühlfehler jedenfalls leicht zerbrechlich. Darin ist wohl auch der Grund zu suchen, dass im Allgemeinen der Töpler'schen Pumpe, vor Allem den Konstruktionen, welche Einrichtungen für automatischen Betrieb besitzen, der Vorzug gegeben wurde. Und doch besitzt die Sprengel'sche Pumpe einige gute Eigenschaften, welche der Töpler'schen Pumpe nicht eigen sind. Die erste liegt in der weniger leichten Zerbrechlichkeit der Fallrohre gegen-

über der Abschlusskapillare der Pumpe von Töpler bei hohem Vakuum, wo die letztere die Stossgewalt zweier langer Quecksilbersäulen auszuhalten hat und bei schnellem Gange leicht zerbricht. Im gleichen Falle hat die Sprengel'sche Pumpe nur den Stoss eines einzelnen Tropfens auf die im Fallrohre stehende Säule auszuhalten und zwar an einer Stelle, an welcher das Fallrohr nicht vor der Gebläselampe geschmolzen und nicht durch Kühlfehler brüchiger gemacht ist, sondern sich in dem von der Hütte gelieferten Spannungszustande befindet. Waren die Rohre überhaupt gut gekühlt, was sich leicht untersuchen lässt, so kann der Glasbläser an gefährdeten Stellen nichts verderben. Ein zweiter Vortheil der Sprengel'schen Pumpe gegenüber der von Töpler herrührenden besteht in der verschiedenen Geschwindigkeit, mit welcher die Luft bei den verschiedenen Verdünnungsgraden aus dem Rezipienten entfernt wird. Bei schwachen Verdünnungsgraden bleibt die Sprengel'sche Pumpe hinter der von Töpler zurück, erreicht dieselbe nach den Versuchen von Neesen bei seinen Modellen bei 0,1 *mm* Druck, um dann mit immer wachsender Geschwindigkeit bis zum äussersten Vakuum zu entleeren. Daraus ergiebt sich das Anwendungsgebiet der beiden Pumpenarten je nach dem Zwecke, den man verfolgt, von selbst. Das Zunehmen der Entleerungsgeschwindigkeit bei steigendem Vakuum geht aus einer einfachen theoretischen Betrachtung hervor. Beide Pumpen entleeren nach einer geometrischen Progression, die Töpler'sche Pumpe aber in konstanten, die Sprengel'sche Pumpe in variablen Zeitintervallen. Bei der Töpler'schen Pumpe ist der Faktor der Progression gegeben durch das Verhältniss der Volumina von Rezipient plus Pumpenkugel zum Volumen des Rezipienten. Die Zeitdauer der Pumpenzüge bleibt in den verschiedenen Verdünnungsgraden konstant. Trägt man die Verdünnungsgrade als Ordinaten, die Zeitdauer der Pumpenzüge als Abszissen auf, so nehmen die Ordinaten ab nach den Gleichungen

$$y_1 = \frac{t}{\left(\frac{v+k}{v}\right)}; \qquad y_2 = \frac{t}{\left(\frac{v+k}{v}\right)^2}; \qquad y_n = \frac{t}{\left(\frac{v+k}{v}\right)^n};$$

darin bezeichnet t die Zeitdauer eines Pumpenzuges, v das Volumen des Rezipienten, k dasjenige der Pumpenkugel.

Dieselben Gleichungen gelten auch für die Sprengel'sche Pumpe, wenn mit t die Durchflusszeit eines einzelnen Tropfens durch das Fallrohr, mit v das Volumen des Rezipienten, mit k dasjenige der Fallrohre bezeichnet wird. Jetzt ist aber t variabel; im Allgemeinen abhängig von den Dimensionen der Fallrohre (Länge und Weite) und von der Geschwindigkeit, die der Tropfen beim Fall erlangt hat, wenn er in die eigentliche Fallröhre eintritt, wird der Zeitfaktor t des weiteren beeinflusst durch die geringe Reibung, welche der Tropfen an der Fallrohrwand erfährt, ausserdem aber bei höheren Drucken sehr wesentlich durch die vom fallenden Tropfen abgesperrte und komprimirte Gassäule. Dieser sehr beträchtliche Widerstand, welchen die Gassäule leistet, fällt stetig bis auf Null ab. Infolgedessen variirt t zwischen einer experimentell für jede Fallröhre zu bestimmenden Anfangsgeschwindigkeit und der Geschwindigkeit, welche der fallende Tropfen erlangt haben würde, wenn er die Fallrohrlänge frei herabgefallen wäre. Verlangsamend tritt die geringe Reibung an der Rohrwand hinzu. Um die Zeit des Durchflusses bei höheren Drucken abzukürzen, ist die lebendige Kraft des fallenden Tropfens ein vorzügliches Mittel, durch welches auch bei hohem Vakuum die noch übrige Reibung fast vollständig kompensirt werden kann. Dieses einfache Mittel, welches unmittelbar aus dieser Ueberlegung folgt, ist meines Wissens bei allen mir bekannten Konstruktionen von Fallrohren nie genügend

angewandt worden, und es ist auf diesen Umstand wohl hauptsächlich die langsame Entleerung zurückzuführen.

Es ist nur nöthig, dass die Einmündungsstelle des Zuflussrohres in einem weiten Rohre liegt und dass dieses weite Rohr bis zur trichterförmigen Einmündung in das Fallrohr genügend lang ist. Kahlbaum macht bei der Beschreibung seiner Pumpe darauf aufmerksam, dass es gut sei, die Fallrohre möglichst lang zu wählen, was natürlich zutrifft, den grossen Werth einer möglichst günstigen Zufuhr des Quecksilbers erwähnt er nicht. Neesen lässt den Quecksilbertropfen direkt in die Fallröhre eintreten; etwas günstiger ist das in derselben Abhandlung beschriebene Vertheilungsrohr von Bottomley, weil bei demselben wegen der Oberflächenspannung des Quecksilbers jedesmal grössere Mengen in die Fallrohre eintreten müssen.

Die Schwierigkeiten, welche durch das anfangs erwähnte Verschmelzen der Fallrohre oben mit dem Rezipienten und dem Zuflussrohr, unten mit dem Abflussrohr entstehen, umging ich dadurch, dass ich die gesammten Fallrohre, es sind 8 an der Zahl, sie können aber noch vermehrt werden, sammt den Speiserohren, deren jedes Fallrohr nun ein eigenes besitzt, in einen langen Zylinder einschloss. Fallrohre und Speiserohre ragen mit ihren unteren Enden frei in zwei getrennte Quecksilbergefässe hinein; das Saugrohr, welches zum Rezipienten führt, geht durch eine Stopfbüchse im oberen Zylinderdeckel hindurch. In Fig. 1 ist der Fallrohrapparat dargestellt. Die Fallrohre F sind sternförmig an das Rohr H angeschmolzen, an jedes Fallrohr sein Speiserohr S. Die Fallrohre ragen in Quecksilber, welches im Zylinder A (vergl. Fig. 4) sich befindet. Die Speiserohre münden innerhalb des Gefässes G (Fig. 1), welches vom Zylinder getrennt ist. Der obere Theil von Fig. 1 stellt die Art der Verbindung des Rohres H mit dem eisernen Zylinderdeckel dar; dabei ist darauf Bedacht genommen, die Fallrohre nöthigenfalls leicht auswechseln zu können. Der obere Schliff g führt zum Trockengefäss p (Fig. 4) und wird durch Quecksilber gedichtet. Dieser Schliff sowie der Schliff h, welcher ebenfalls Quecksilberdichtung besitzt, sind die beiden einzigen Schliffe, die im Wege der Quecksilberpumpe liegen. Durch die Anordnung der Fallrohre in einer grösseren Umhüllungsglocke, welche sich dauernd auf niedrigem Druck befindet, werden die vielbesprochenen Luftfallen überflüssig. Sobald das Quecksilber in den Behälter G (Fig. 1) eintritt, befindet es sich unter dem niedrigen Druck der Vorpumpe, etwa mitgerissene Luft kriecht an

Fig. 1.

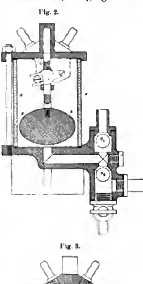

Fig. 2.

Fig. 3.

den Wandungen von G in die Höhe. Um die Pumpe in Betrieb zu halten, muss dafür gesorgt werden, dass das Quecksilber im Gefässe G auf höherem Niveau steht als im Zylinder A und dass der Druck im Rezipienten niedriger ist als im Zylinder. Diese Druckdifferenz kann beliebig zwischen 1 und 12 *cm* betragen. Alsdann wird Quecksilber durch die Speiserohre S bis zur Einmündungsstelle in die Fallrohre gepresst, fällt durch dieselben herab und reisst dabei die Luft mit sich fort. Damit ist das Wesentliche der eigentlichen Pumpe erläutert.

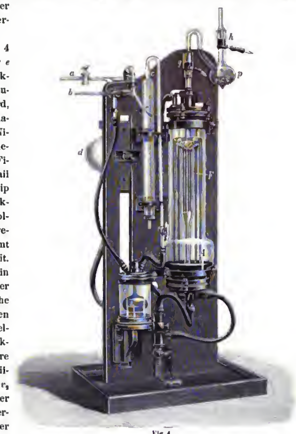


Fig. 4.

Der in der Fig. 4 noch sichtbare Zylinder e hat den Zweck, das Quecksilber, welches sich dauernd in A ansammeln wird, wegzusaugen und automatisch auf das höhere Niveau in G zu pressen; dieser Apparat ist in den Figuren 2 und 3 im Detail dargestellt. Das Prinzip ist folgendes. Das Quecksilber tritt durch das Stahlventil v_1 in das Druckgefäss e ein. Dabei nimmt es den Schwimmer s mit. Derselbe geht zunächst ein Stück leer, nimmt aber dann durch eine einfache Hebelübertragung einen Hahn (Fig. 3) mit, welcher seinerseits das Druckgefäss mit der Atmosphäre verbindet. Das Quecksilber wird durch Ventil v_2 herausgepresst. Sobald der Schwimmer tief genug herabgesunken ist, steuert er den Hahn wieder um und setzt e mit dem Vakuum einer Vorpumpe in Verbindung. Das Spiel wiederholt sich von Neuem. Ventil v_1 ist nun mit dem Zylinder A, v_2 mit G durch starke Gummischläuche in Verbindung, sodass wechselweise aus A Quecksilber abgesaugt und nach G auf ein höheres Niveau gedrückt wird.

Wäre jetzt v_2 mit G direkt verbunden, so würde jedesmal beim Eintritt der Atmosphäre in e das Quecksilber in G stark in die Höhe steigen, theilweise nutzlos über den Rand überfliessen und jedenfalls eine ruhige, gleichmässige Thätigkeit des Fallapparates ausschliessen. Um dies zu verhindern, gabelt sich der Weg für das Quecksilber, ehe er in G einmündet, in zwei Zweige dicht unter dem Zylinder A. Die Stelle ist in Fig. 4 mit f bezeichnet. Während der eine Weg nach G führt, führt der



andere durch einen Gummischlauch nach dem Sammelgefäss *d*. Dieses hat die Aufgabe, das überschüssige Quecksilber aufzunehmen und allmählich nach *G* abfliessen zu lassen. Damit die Hauptmasse des Quecksilbers nun wirklich nach *d* gedrückt wird und in *G* keine oder nur eine geringe Niveaudifferenz eintritt, ist an der Gabelungsstelle *f* ein Injektor eingeschaltet, sodass das aus *e* herausgedrückte Quecksilber eine saugende Wirkung auf das in *G* stehende ausübt. Durch geeignete Wahl der Weite der Düsen dieses Injektors sowie der gegenseitigen Stellung derselben kann man es leicht erreichen, dass für eine gewisse Geschwindigkeit Saugwirkung und Druck sich das Gleichgewicht halten; dann bleibt das Niveau in *G* ganz konstant. Das Sammelgefäss *d* befindet sich ebenfalls durch eine Schlauchverbindung mit *A* auf demselben niedrigen Druck, welcher in *A* herrscht. Während des ganzen Kreislaufs kommt das Quecksilber nur einmal auf kurze Zeit in *e* mit der in das Druckgefäss eingesaugten atmosphärischen Luft in Berührung, welche, falls die Pumpe in feuchten Räumen aufgestellt ist, durch ein vorgeschaltetes Chlorcalciumrohr getrocknet werden kann. Für diesen Zweck ist das Rohr *c* angeordnet. Gewöhnlich ist ein Trocknen der Luft überflüssig. Um die Pumpe in Thätigkeit zu setzen, wird mit *b* eine kräftig wirkende Wasserluftpumpe in Verbindung gebracht. Ich verwende stets die vorzüglichen Körting'schen Strahlpumpen. Der Dreiweghahn in *b* wird so gestellt, dass der ganze Pumpenraum sammt dem Rezipienten entleert wird. Alsdann wird durch den am Ventilkasten unterhalb *e* (Fig. 4) angebrachten Hahn das nöthige Quecksilber eingesaugt; 8 bis 10 *kg* sind reichlich. Das Druckgefäss *e* wird dazu etwas gehoben, das Sammelgefäss *d* wird gesenkt. Nach beendeter Füllung wird *d* soweit gehoben, dass Quecksilber über den Rand von *G* übertritt, in den Zylinder *A* abfliesst und die Mündungen der Fallrohre versperrt.

Der Dreiweghahn an *b* wird nun so gestellt, dass *e* allein evakuirt wird. Durch vorsichtiges Oeffnen von Hahn *a* wird so viel Luft in den Apparat eingelassen, dass in den Fallrohren das Spiel beginnt. Das Druckgefäss *e* wird wieder auf seinen tiefsten Stand gebracht. Von jetzt an geht die Pumpe automatisch. Sind die zu entleerenden Rezipienten sehr gross, so muss durch Verstellen von *b* von Zeit zu Zeit wieder etwas Luft aus *A* abgesaugt werden; dies braucht stündlich höchstens einmal zu erfolgen, während der Zwischenzeit kann man die Pumpe vollständig sich selbst überlassen. Erfolgt ein Bruch des Rezipienten, so hat dies keinen Schaden für die Pumpe im Gefolge. Beim Aufhören des Auspumpens hebt man das Druckgefäss *e* so hoch an, dass dasselbe nicht mehr wirkt; der Bequemlichkeit halber kann man das Quecksilber aus *d* vollständig nach *A* überfliessen lassen, oder auch das Sammelgefäss *d* so weit senken, dass der Durchfluss durch die Fallrohre aufhört.

Die Pumpe zeichnet sich durch geräuschlosen Gang und geringe Grösse aus. Dieselbe ist auf einem Grundbrett von 30×40 *cm* montirt und hat eine Höhe von 90 *cm*, ist also an allen Orten, wo Wasserleitung zur Verfügung steht, leicht aufzustellen und ist leicht zu transportiren. Für physikalische Institute ist der ruhige, erschütterungsfreie Gang sehr angenehm. Sämmtliche Metalltheile sind in schmiedbarem Eisenguss und Gussstahl hergestellt, die Kugelventile sind glasharte Stahlkugeln, ebenso ist der Dreiweghahn in *e* aus hartem Stahl hergestellt und läuft in gleichfalls gehärteter Buchse, sodass ein Auslaufen dieser Theile nicht zu befürchten ist. Die Glasarbeit ist aus bestem Thüringer Glas hergestellt, die Gummischläuche aus dem besten, heiss vulkanisirten rothen Gummi, der nach meinen Erfahrungen dauerhafter ist als der schwarze Patentgummi; der letztere wird vor Allem in der Kälte leicht brüchig. Das Vakuum erreicht die höchsten erreichbaren Werthe; es ist ein Leichtes, Geissler'sche Röhren

so stark zu entleeren, dass bei Schlagweiten des Induktors von 15 *cm* und mehr die Entladung vollständig aussetzt. Seit Dezember vorigen Jahres habe ich ein Modell fortwährend im Gebrauch gehabt, die Fallrohre sind heute noch so sauber als zu Anfang, trotzdem ich dieselben nie gereinigt habe und kein besonders reines Quecksilber verwandte. Sämmtliche Röhren zur Photographie mit Röntgen'schen Strahlen für das hiesige physikalische Institut wurden damit entleert. Das dabei angewandte Verfahren habe ich im vorigen Heft dieser Zeitschrift bereits beschrieben.

Die Fallpumpe sowohl wie die automatische Einrichtung derselben sind durch D. R. P. Nr. 80514 vom 14. Juni 1894 geschützt. Die Firma Dr. Robert Muencke in Berlin NW., Luisenstrasse, hat die Anfertigung der Pumpe übernommen.

Die verbesserte selbstthätige Quecksilberluftpumpe.

Bemerkungen zu der Beschreibung des Herrn Dr. Oskar Zoth.

Von
Prof. Dr. **Georg W. A. Kahlbaum.**

Ohne meine Autorisation und eine gemeinsame Veröffentlichung mit mir ablehnend, haben die Herren Eger, Rollet und Zoth Veränderungen an der mir patentirten Pumpe vorgenommen, welche im vorigen Heft dieser Zeitschrift beschrieben wurden. Da sie dabei ihren Apparat als „Pumpe von Kahlbaum" bezeichnen, sehe ich mich gezwungen, dazu Stellung zu nehmen. Ich bin nicht in der Lage, auch nur eine einzige der Aenderungen, die angebracht worden sind, eine Verbesserung zu nennen. Die genannten Herren haben den obersten Grundsatz, nach dem jeder für die Praxis bestimmte Apparat gebaut sein muss, nämlich möglichste Einfachheit der Konstruktion, völlig ausser Acht gelassen und meine Pumpe ganz unnöthigerweise komplizirt; andererseits wurden wohl überlegte Anordnungen meines Apparats fortgelassen.

Ich komme zu den Einzelheiten. Ein Grundfehler ist die Anwendung eines einzigen Sammelgefässes mit ebenem Boden, da, wie wir sehen werden, dadurch Komplikationen veranlasst werden, welche die scheinbare Vereinfachung mehr als wett machen.

1. Die Anwendung von nur einem Sammelgefäss führt dazu, dass, da auch das Fallrohr in dasselbe eintaucht, dieses Gefäss unbeweglich bleiben muss; damit geht die sehr wichtige Niveauverschiebung verloren, welche ich dadurch erreiche, dass das Sammelgefäss mit dem gesammten Hebeapparat auf einem beweglichen Schlitten angebracht ist. Die Niveauverschiebung ist deshalb nöthig, weil an der Stelle, an welcher im Fallrohr das fallende Quecksilber auf das in dem Fallrohr befindliche aufschlägt, durch elektrische Entladung das Glas angegriffen wird, bis es endlich springt. Kann ich das Niveau verändern, so ändere ich damit zugleich die Stelle des Aufschlagens, wodurch der ganze Apparat erheblich an Haltbarkeit gewinnt.

2. Je weniger Quecksilber gebraucht wird, um so billiger arbeitet der Apparat. Ich suche deshalb so gut wie alles Quecksilber auszunutzen; dies wird durch Sammelgefässe mit konkavem Boden erreicht, an deren tiefster Stelle das Heberohr eintaucht; so bleiben darin wenige Gramm unbenutzt, ebenso genügen wenige Gramm, das Fallrohr zu verschliessen, das in eine besondere Flasche einmündet, die mit dem Sammelgefäss durch einen Gummischlauch verbunden ist. Die Menge Quecksilber, welche hierzu bei der verbesserten Pumpe nöthig ist, dürfte einige Kilogramm betragen.



Denn da Fallrohr und Heberrohr in das nämliche grosse Sammelgefäss tauchen, darf nicht alles Quecksilber für die Arbeit des Pumpens verwendet und gehoben werden, weil ja das Fallrohr stets unter Quecksilber tauchen muss. Die Mengen des bei den beiden Konstruktionen für den gleichen Zweck (Verschluss des Fallrohrs) verwendeten Quecksilbers verhalten sich wie die Quadrate der Radien der kleinen Flasche und des grossen Sammelgefässes.

3. Die Anwendung des einen Sammelgefässes bringt aber auch eine weitere Komplikation sehr erheblicher Art mit sich. Es wäre immer noch möglich, dass alles Quecksilber bei stark arbeitender Wasserpumpe oder erhöhtem Wasserdruck gehoben würde und dadurch das Fallrohr aus dem verschliessenden Quecksilber herauskäme, womit dann auch die Pumpe ihre Thätigkeit einstellen würde. Um dies zu verhindern, muss eine besondere Ueberfallregulirung angebracht werden, welche das Quecksilber in dem die Pumpe speisenden Reservoir stets auf gleichem Niveau hält; überschüssiges Quecksilber wird unbenutzt durch einen dritten Tubus im Deckel des Sammelgefässes stets wieder in dasselbe zurückgeleitet. Das hat zur Folge, dass aus dem bei meiner Konstruktion freibeweglichen, flaschenförmigen Reservoir, in welches das Rücklaufrohr durch Gummipfropfen gehalten frei eintaucht, ein aus *einem* Glasstück gefertigter, mit einer Kugel, zwei Abläufen und einem engern, eingeschmolzenen Rohr bestehender, äusserst komplizirter Glastheil wird, der an sich schon zerbrechlich und schwer zu reinigen, noch wieder an das lange Ueberfallrohr mit seinem seitlichen Zufluss, seiner Aufsatzkugel und Dreiwegehahn angeblasen ist. Und warum dies alles? Um eine Glasflasche im Werthe von etwa einer Mark, resp. für physiologische Zwecke eine Glaswanne und ein 15 *cm* langes Stück Gummischlauch zu sparen.

Verfehlt ist auch die Anwendung zweier Luftfänge. Zwei Luftfänge wende ich da an, wo es sich um die Erreichung ausserordentlich weitgehender Verdünnungsgrade handelt, wie solche z. B. bei den Röntgen'schen Versuchen nothwendig werden. Bei der Blutgasanalyse werden aber derartige Anforderungen nicht gestellt. Herr Zoth giebt selbst (S. 75) die bei seinem Versuche erreichte Druckgrenze zu 0,02 *mm* an; einen solchen Druck aber zu erreichen, genügt vollständig die Anwendung *eines* einfachen Luftfanges ohne jeden Schliff, wie ich solche schon vor Jahren beschrieben habe und sie bei den Pumpen zu chemischen Zwecken anwende[1]).

Auch das Befestigen des Volumometers an der Pumpe kann ich nicht billigen. Volumometrische Messungen sind bei der Blutgasanalyse nicht nöthig. Genügt ein Ablesen am Quecksilbermanometer, welches jede Pumpe trägt, nicht mehr, so kann dasselbe durch ein Glyzerinmanometer ersetzt werden; aber auch dies halte ich für unnöthig. Das angesetzte Volumometer vergrössert einmal unnütz den zu evakuirenden Raum und erfordert wiederum ein Mehr von rund 6 *kg* Quecksilber. Der Vortheil der Einrichtung, der darin beruhen soll, kleine Undichtigkeiten der Pumpe leicht zu entdecken, begründet die Komplikation nicht, denn solche, übrigens bei meiner Konstruktion unschädliche, geringe Undichtigkeiten werden ohne weiteres an der Vergrösserung der Luftblasen im Fallrohr sichtbar. Zudem ist es durchaus unrichtig anzunehmen, dass am Volumometer abgelesene geringe Druckveränderungen nur von Undichtigkeiten herstammen können. Alle Glaswände geben im luftverdünnten Raum absorbirte Luft frei, die sich stets am Volumometer geltend macht. Die Theilung am Volumometer ist der von mir in dieser Zeitschrift veröffentlichten nachgeahmt, aber auch nicht verbessert.

[1]) *Berichte der deutsch. chem. Gesellschaft* **27.** *S. 1386. 1894.*

Weiter ist das Anschmelzen der Gassammelvorrichtung an das Fallrohr verfehlt. Einmal wird damit der wirksame Raum desselben beeinträchtigt und damit, wie ich längst nachgewiesen habe, die Schnelligkeit des Evakuirens. Zudem wird die Reinigung des Fallrohres äusserst erschwert und doch muss, um eine gute Wirkung der Pumpe zu erzielen, gerade dieser Theil des Apparates möglichst rein gehalten werden. Zudem ist dieses komplizirte Fallrohr auch noch fest an die Pumpe angeschmolzen; man muss also, und bei der Blutgasanalyse dürfte das recht häufig auftreten, zum Reinigen die ganze Pumpe demontiren und dann die eigentliche Sprengel'sche Pumpe, beide Luftfänge, die Quecksilberwanne unter dem Endiometer, die Gassammelvorrichtung mit dem eingeschmolzenen, nach oben gerichteten Stück des Fallrohres und den zwei Hähnen (dies alles bildet ein einziges Stück Glas, welches seitlich noch 3 Schliffthelle und 2 angeschmolzene Becher trägt) auf einmal reinigen und trocknen, eine Arbeit, die an Unerfreulichkeit nichts zu wünschen übrig lässt.

Ich wende bei meinen Pumpen ein Fallrohr an, das abzunehmen ist und mittels Schliff und Quecksilberverschluss luftdicht — ich benutze diese Anordnung auch bei den physikalischen Pumpen — unmittelbar unter der Düse angepresst wird. Das Rohr kann jederzeit leicht, ohne die Pumpe sonst irgendwie auseinanderzunehmen, abgenommen werden (auch hierbei würde die Anwendung nur eines Sammelgefässes hinderlich sein) und wird einfach mittels Durchstossens einer Papierkugel gereinigt. Bei meiner Konstruktion bedürfen die anderen Pumpentheile einer Reinigung so gut wie nicht; ich habe schon 15 Monate fast täglich mit einer Pumpe gearbeitet, ohne dieselbe putzen zu müssen; aber auch dies dürfte bei der verbesserten Pumpe nicht der Fall sein, denn bei dieser muss das Quecksilber auch noch einen am Fallrohr angebrachten, natürlich gefetteten Hahn durchlaufen. Abgesehen von dem unvermeidlichen Verschmieren des Quecksilbers behindert aber jede Erweiterung oder Verengerung des Fallrohres, die beim Einschieben eines Hahnes gar nicht zu vermeiden ist, die Wirksamkeit der Pumpe sehr erheblich.

Bei den von mir für physiologische Zwecke konstruirten Pumpen mündet das unten etwas nach oben gebogene Rohr, statt in die Sammelflasche, in eine diese ersetzende Wanne, in welche man dann direkt das Endiometer eintauchen kann. Aus der Wanne wird das Quecksilber mittels eines Schlauches in das Sammelgefäss übergeleitet und alles andere bleibt wie sonst; Komplikationen irgend welcher Art habe ich nicht für nothwendig befunden.

Die von Herrn Zoth angegebene Maximalleistung seiner Pumpe ist als solche wenig befriedigend; der Preis stellt sich erheblich höher als der meiner Pumpe, zu deren Vertrieb allein Karl Kramer in Freiburg i. Baden und Lenoir & Forster in Wien berechtigt sind.

Basel, den 4. April 1896.

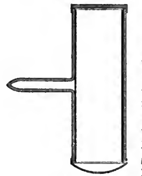
Zur Erzeugung der X-Strahlen.

Von
Prof. Dr. P. Szymański in Berlin.

Bei den Versuchen mit X-Strahlen habe ich in der letzten Zeit mit Vortheil Röhren benutzt, in denen die Strahlen, welche durch Auffallen der Kathodenstrahlen auf Aluminiumtheile eines passenden Gefässes hervorgerufen werden, sich direkt von dem Aluminium, ohne das Glas zu passiren, in die Luft diffus mit einer grossen In-

tensität ausbreiten. Weil meines Wissens diese Art der Röhren nirgends beschrieben ist[1]), so will ich im Folgenden die Form derselben und einige damit erzielte Resultate angeben.

Eine etwa 15 *cm* lange Glasröhre (vgl. die Figur) von 3 *cm* Durchmesser, die mit einem seitlichen, dünnen Evakuirungsrohr versehen ist, wird an ihren Enden eben abgeschliffen und durch zwei Kappen aus Aluminiumblech verschlossen. Die eine Kappe wurde hergestellt aus 0,2 *mm* dickem Blech und zwar in Form einer Kugelkalotte von etwa 6 *cm* Kugeldurchmesser; durch die Wölbung sollte die Kappe eine grössere Steifigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen Luftdruck erhalten. Die zweite Kappe war eben und ihre Dicke betrug 2 *mm*. Beide Kappen, mit einem etwa 3 *mm* breiten, umgebogenen Rande versehen, werden mit Siegellack auf die offenen Enden des Glasrohres aufgekittet. Zur sicheren Dichtung wird die Kittstelle von aussen, wie dies Lenard bei seinen Röhren angewendet hat, mit Marineleim verschmiert. Die Metallkappen dienen nun direkt als Elektroden und sind eventuell mit Oesen versehen, in die die Zuleitungsdrähte eingehakt werden. Eine solche einfache Röhre, die man sich, ohne im Glasblasen geübt zu sein, mit Leichtigkeit herstellen kann, ergab überraschend günstige Resultate. Nachdem sie genügend evakuirt war, zeigte sie die X-Strahlen in einer Intensität, wie ich sie an keiner der gewöhnlichen Röhren, mit denen ich bisher experimentirt habe, beobachten konnte, was ich zunächst mit Hülfe eines Baryumplatincyanür-Schirmes feststellte. Noch überraschender war das Resultat des Photographirens mit der Röhre. Es wurde mit derselben auf einer gewöhnlichen empfindlichen Platte die Hand mit Knochen in 10 Sekunden so vollkommen abgebildet, wie ich es mit den gewöhnlichen Röhren in 4 Minuten erzielt habe. Bei der Benutzung der empfindlichen Platten auf Eisenblech (amerikanische Schnell-Photographie-Platten), wie solche zum ersten Male für Röntgen'sche Versuche von Herrn Remané (in der Firma Siemens & Halske, Berlin) in Anwendung gebracht wurden, erhielt ich die Photographie der Hand mit sichtbaren Knochen in 2 Sekunden. Bei den Versuchen wurde die ebene, dickere Kappe als Kathode benutzt, sodass die X-Strahlen von der dünneren gewölbten Kappe (Anode) nach aussen heraustraten. Wurde der Strom der primären Spule des Induktoriums kommutirt, sodass die dünne Kappe zur Kathode wurde, so sah man aus der dicken Kappe die X-Strahlen heraustreten mit beinahe derselben Intensität, obgleich die Kappe 10 mal so dick war wie bei der ersten Anordnung. Ich bemerke, dass zur Abhaltung der etwa von den fluoreszirenden Theilen der Glaswand herrührenden Strahlen eine Bleiblende verwendet wurde. Um nun ganz sicher zu sein, dass dabei die im Glase erzeugten, vielleicht diffus im Innern der Glasmasse sich ausbreitenden Strahlen keine Rolle spielen, wurde nachträglich das Innere der Röhre mit Glimmer ausgekleidet. Wurde diese Röhre evakuirt, so traten aus der entsprechenden Kappe die Strahlen mit derselben Intensität heraus, obgleich die Glasröhre, da die Kathodenstrahlen von derselben durch die Glimmer-Auskleidung abgehalten wurden, keine Spur von Fluoreszenz zeigte.



[1]) Herr Prof. Dr. Dorn in Halle hat kürzlich in einem an die Redaktion der Elektrotechnischen Zeitschrift gerichteten Schreiben eine ähnliche Anordnung erwähnt (*Vgl. Elektrotechn. Zeitschr. 17. S. 250. 1896.*). — Die Red.

Die Strahlung schien sogar nunmehr noch intensiver zu sein, was sich vielleicht durch eine Art reflektirender Wirkung der Glimmer-Belegung auf die Kathodenstrahlen erklären liesse. Doch konnte diese Erscheinung nicht mit Sicherheit festgestellt werden.

Nunmehr liess sich erwarten, dass die Zuziehung des Winkelmann-Straubel'schen Verfahrens mit Flussspath die Expositionszeit wesentlich reduziren wird. Und in der That habe ich mit beschriebener Röhre bei Anwendung des Flussspaths mit gewöhnlichen Platten 2 Sekunden-Aufnahmen erzielt. Ich bemerke, dass ich die Röhren während der Versuche an der Luftpumpe liess und dieselbe nur durch den Strom präparirte. Die Unterstützung der Evakuirung durch Erwärmen im eisernen Ofen war wegen der Kittung nicht zulässig. Doch wird sich wohl dieser Uebelstand bei Anwendung eines anderen Kittes beseitigen lassen. Benutzt wurde ein Induktorium der Firma Keiser & Schmidt in Berlin mit 25 *cm* Schlagweite, welches von 6 Akkumulatoren mit einem Durchschnittsstrom von 2 *Ampère* gespeist wurde.

Zum Schluss will ich noch erwähnen, dass beim Photographiren mit den gewöhnlichen Hittorff'schen Röhren dieselben stets im Petroleumbade benutzt wurden. Dadurch werden einerseits die Röhren vor allzu grosser Erwärmung geschützt, andererseits wird die Entladung an der Oberfläche der Röhre vermieden. Als Petroleum-Behälter benutze ich ein Pulverglas von etwa 6 Liter Inhalt mit abgesprengtem Boden, welches am Halse durch eine Schweinsblase verschlossen ist, durch die die X-Strahlen nach dem zu photographirenden Objekt hindurchgehen. Diese Vorsichtsmaassregel hat sich nach meiner Erfahrung sehr gut bewährt.

Referate.

Tacheograph.

Von F. Schrader. *Compt. rend.* ***121.*** *S. 40. 1895.*

Der Verfasser, ein durch seine topographischen Arbeiten in den Pyrenäen und als Leiter der geographischen Anstalt der Hachette'schen Buchhandlung in Paris vortheilhaft bekannter Ingenieur-Geograph, wollte mit dieser der Pariser Akademie gemachten Mittheilung einen automatisch wirkenden Tachymeter oder Tachygraphen herstellen (der einfacher sein sollte als das Peaucellier-Wagner'sche Instrument): zugleich mit oder durch Herstellung der Zielung nach einem bestimmten aufzunehmenden Punkt soll an seinem Instrument ein rechtwinkliges Dreieck gebildet werden, dessen Hypotenuse der schiefen Entfernung zwischen Standpunkt und Zielpunkt proportional ist (d. h. $= L/M$ ist, wenn L jene schiefe Länge und $1:M$ den Maasstab der Aufnahme bedeutet) und aus dessen horizontaler Kathete also sofort die Entfernung erhalten werden soll, während die vertikale Kathete den Höhenunterschied liefert. Das der Akademie vorgelegte Exemplar ist nur in Beziehung auf die ihm zu Grund liegende Idee und in Beziehung auf seinen Zweck etwas eingehender beschrieben, während über die Konstruktion nur einige Andeutungen gemacht sind. Ueber die Genauigkeit wird mitgetheilt, dass sie $^1/_{2000}$ bis $^1/_{4000}$ der Entfernung betrage und der Verfasser hoffe, sie bald noch bedeutend steigern zu können! Das Instrument müsste also wohl eine grosse Verfeinerung der durch D.R.P. Nr. 63620 (Mai 1891) geschützten Konstruktion Schrader's vorstellen, die ich allerdings ebensowenig gesehen habe, wie die in dem hier beschriebenen Aufsatz geschilderte; vgl. über jenes Instrument *diese Zeitschr.* ***13.*** *S. 213. 1893*, wo der (mir nicht bekannte) Referent zu dem Schluss kommt, „dass das Instrument keineswegs den Ansprüchen des Topographen genügen kann“. Ich selbst kann, wie gesagt, weder über das frühere, noch vorläufig über das jetzige Instrument ein Urtheil fällen. Ich habe schon vor langer Zeit an Herrn Schrader geschrieben und bin von ihm an den Verfertiger des Instrumentes,

Mechaniker **Balbreck** in Paris, verwiesen worden, wobei mir Herr **Schrader** mittheilte, dass er weitere Verbesserungen an dem Instrument angebracht habe. Vielleicht ist dies der Grund, aus dem ich auf zweimalige Anfrage wegen eines Instruments zu Probemessungen von Herrn **Balbreck** keine Antwort bekommen habe.

Wenn sich die Angabe $^1/_{2000}$ bis $^1/_{4000}$ der Entfernung bestätigen sollte, so würde das Instrument nicht nur den Anforderungen des Topographen (im deutschen Sinn), sondern sogar denen des Landmessers (bei Polygon-Seiten u. dgl.) genügen, also selbst für den feineren Zweig der Tachymetrie (vgl. den Schluss des Referats auf *S. 88 dieses Jahrgangs*) ausreichen. Referent muss weitere Mittheilungen auf die Zeit aufschieben, bis er des Instruments habhaft werden kann.

Obgleich ich bis jetzt keinen Grund habe, von der einfachsten Form des Tachymeters, Theodolit mit Ablesung der *Winkel* und *Trennung* von Messung und Rechnung, abzugehen, so scheint mir nichtsdestoweniger die Verfolgung der Konstruktion „automatischer" Tachymeter von grossem Interesse und, wenigstens für die Zwecke der topographischen Tachymetrie, nicht ohne Aussicht auf Erfolg zu sein. *Hammer.*

Erzielung niedrigster Temperaturen; Gasverflüssigung.

Von C. **Linde**. *Wied. Ann.* **57.** *S. 328. 1896.*

Zur Erzielung niedrigster Temperaturen schlug man bisher den Weg ein, dass man zunächst solche Gase komprimirte, deren Verflüssigung sich bei gewöhnlichen Temperaturen erreichen liess. Die Verdampfung derselben bei niedrigem Drucke lieferte alsdann eine Temperatur, tief genug, um ein flüchtigeres Gas demselben Prozesse unterwerfen zu können. Durch Wiederholung des Verfahrens konnte man alsdann unter Benutzung immer flüchtigerer Gase als Zwischenglieder bis auf die tiefsten bisher erreichbaren Temperaturen hinabgehen. Die Verflüssigung der am schwersten koërziblen Gase erreichte man in der Regel dadurch, dass die nöthige tiefe Temperatur durch die Abkühlung beim Ausströmen des komprimirten Gases selbst gewonnen wurde.

Der in der Abhandlung beschriebene Apparat dient dem Zwecke, die Einschaltung der verschiedenen Zwischenglieder zu umgehen und die Verflüssigung auch der flüchtigsten Gase allein durch mechanische Arbeit, welche auf die Gase selbst angewendet wird, zu bewerkstelligen. Dieser Zweck wird dadurch erreicht, dass das von p_1 auf den Druck p_2 komprimirte Gas vor seiner Ausströmung den Innenraum einer doppelwandigen Röhre passirt und nach dem Ausströmen und der dadurch erfolgten Abkühlung von der Temperatur t_2 auf t_3 durch den umgebenden Mantel wieder zum Kompressor zurückkehrt. Das zurückfliessende Gas kühlt also fortdauernd das komprimirte Gas vor seinem Ausströmen und der Effekt des kontinuirlichen Betriebes wird also der sein, dass die beiden Temperaturen t_2 und t_3 fortdauernd sinken, bis durch äussere Einwirkungen oder durch die Verflüssigung des Gases ein Beharrungszustand eingetreten ist.

Ein nach den angegebenen Prinzipien konstruirter Apparat ist vom Verfasser in grossen Dimensionen ausgeführt und zur Verflüssigung von atmosphärischer Luft verwendet worden. Die Werthe von p_1 und p_2 waren dabei zu 22 bezw. 65 Atmosphären gewählt worden. Der „Gegenstromapparat", wie der Verfasser das doppelwandige Röhrensystem nennt, bestand aus 2 je 100 *m* langen spiralförmig aufgewundenen Röhren von 3 bezw. 6 *cm* Durchmesser, deren Gänge mittels roher Schafwolle gegen einander und nach aussen hin sorgfältig isolirt waren. Aus dem „Sammelgefässe" konnten bei einem Betriebe mit etwa 20 *cbm* Luft (bei 22 Atm. Druck) stündlich mehrere Liter Flüssigkeit entnommen werden. Der Sauerstoffgehalt dieser Flüssigkeit, von welcher ein Theil bei der Druckverminderung von 22 auf 1 Atmosphäre verdampft war, betrug etwa 70%.

Der Verf. stellt fest, dass am 2. Dezember vorigen Jahres **Dewar** in der *Times* einen auf denselben Prinzipien gegründeten Apparat beschrieben habe, ohne der **Linde**'schen Priorität Erwähnung zu thun, obgleich ihm der Apparat des Verfassers bekannt sein musste.

Gleichfalls nach denselben Prinzipien ist ein Apparat konstruirt, welchen Dr. Hampson kürzlich in London vorführte und dessen Beschreibung sich in *Engineering* **61.** *S. 421. 1896* vom 27. März findet. Nach Angabe des genannten Blattes ist der Apparat dem Dr. Hampson am 23. Mai 1895 patentirt worden. *Schl.*

Apparat zur Beobachtung und Demonstration kleiner Luftdruckschwankungen („Variometer").

Von F. v. Hefner-Alteneck. *Wied. Ann.* **57.** *S. 468. 1896.*

Der beschriebene Apparat lässt das Auftreten kleiner Luftdruckschwankungen, die am Barometer nicht mehr wahrnehmbar sind, erkennen und beobachten. Die Empfindlichkeit desselben ist so gross, dass schon die Luftdruckabnahme bei 1 *dm* Höhendifferenz deutlich nachgewiesen werden kann. Dagegen werden langsame Veränderungen des Luftdrucks von dem Instrument nicht angezeigt.

Der untere Theil des Apparates besteht aus einer mit Filz bekleideten Flasche, welche durch einen Gummistopfen mit zwei Durchbohrungen geschlossen ist. Durch die eine Durchbohrung ist eine 2 bis 3 *mm* weite Glasröhre eingeführt, welche mehrfach gebogen, ein wagrechtes etwa 10 *cm* langes Stück enthält, das jedoch, annähernd in einem sehr flachen Kreisbogen, ein wenig (4 *mm*) nach unten durchgebogen ist. Hinter diesem wagrechten Theile befindet sich eine kleine Zentimeterskale. Zu beiden Seiten des Stückes ist die Röhre etwas nach aufwärts gebogen; ihr eines Ende, welches mit der Atmosphäre kommunizirt, ist, um Verunreinigungen zu vermeiden, wieder abwärts gerichtet. Die Luftdruckschwankungen werden durch die Bewegung eines kleinen gefärbten Tropfens von Petroleum, welcher das Innere der Flasche gegen die umgebende Luft abschliesst, sichtbar gemacht.

Bei der grossen Empfindlichkeit des Instrumentes würden die grösseren Luftdruckschwankungen den Tropfen sehr bald aus dem horizontalen Theile der Röhre heraustreiben und die Beobachtungen unmöglich machen; es ist deswegen durch die zweite Durchbohrung des Gummistopfens eine in eine sehr feine Spitze endigende Glasröhre eingeführt, durch welche der fortwährende Ausgleich zwischen dem äusseren jeweilig mittleren Luftdruck und dem Drucke in der Flasche selbstthätig sehr langsam hergestellt wird. *Schl.*

Ein verbessertes tragbares Photometer.

Von W. H. Preece und A. P. Trotter. *Engin.* **60.** *S. 369. 1895.*

Das beschriebene Instrument dient zur Bestimmung der Beleuchtungsstärke auf Strassen und in geschlossenen Räumen und stellt ein verbessertes Modell von Vorrichtungen dar, welche schon früher von Preece angegeben und benutzt worden waren. Ein innen schwarzer Kasten von den Abmessungen 400 × 140 × 242 *mm* ist an einem Theil seiner Oberfläche mit weissem Kartonpapier bedeckt, auf welches die zu messende Beleuchtung wirkt. In demselben befinden sich drei sternförmige Ausschnitte, durch welche hindurch man auf einen um eine horizontale Achse drehbaren, ebenfalls aus weissem Karton bestehenden Schirm blickt, welcher durch eine oder zwei Glühlampen beleuchtet wird. Die Gleichheit der Beleuchtung der beiden Schirme kann beobachtet werden. Eine Veränderung der Beleuchtung des Schirmes kann zunächst dadurch bewirkt werden, dass von den aus einer Akkumulatorenbatterie gespeisten Glühlampen, von denen die eine eine Helligkeit von 1 Kerze, die andere eine solche von 2 Kerzen hat, entweder eine oder beide zum Leuchten gebracht werden, dann aber durch verschiedene Neigung des unteren Schirmes. Diese wird durch ein Hebelwerk herbeigeführt, und es kann an einer Skale direkt die Beleuchtungsstärke in *lux* (1 lux = 1 Carcel in 1 *m* Entfernung) abgelesen werden.

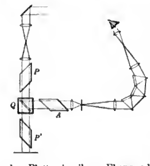
Zur Messung von elektrischem Bogenlicht empfehlen die Autoren, den unteren Schirm leicht blau zu färben und den oberen leicht gelb. Dadurch wird einerseits von den rothgelben Strahlen der Glühlampe, andererseits von den blauen Strahlen der Bogenlampe etwas absorbirt, und die Verfasser haben durch Versuche derartige Färbungen ausgesucht, dass

die Messung mit ihnen dasselbe Ergebniss hat, wie mit weissen Kartons oder um einen bestimmten Koeffizienten davon abweicht. Dabei soll hervorgehoben werden, dass sie sich darüber vollständig klar sind, dass verschieden gefärbte Lichtquellen physikalisch unvergleichbar mit einander sind, sie versichern aber, dass bei richtiger Auswahl der Färbungen in der Praxis trotzdem Messungen des Beleuchtungswerthes elektrischer Bogenlampen mittels ihres Apparates sehr wohl und mit hinreichender Genauigkeit ausführbar sind. *H. K.*

Ueber die Prüfung parallel zur Achse geschliffener Quarzplatten.

Von B. Brunhes. *Journ. de phys. (3) 3. S. 22. 1894.*

Die Einrichtung, welche der Verf. zur Bestimmung des Achsenfehlers einer parallel zur Krystallachse geschliffenen Quarzplatte getroffen hat, ist aus beistehender schematischer Figur ersichtlich. Das einfallende, durch einen Kollimator parallel gemachte Licht durchsetzt ein Nicol'sches Prisma *P*, dessen Hauptschnitt parallel zur Einfallsebene gestellt ist, und trifft sodann auf die zu untersuchende Quarzplatte *Q* unter einem Winkel von 45°. Hier wird es zum Theil gebrochen, an der Rückseite reflektirt und tritt aus der vorderen Fläche wieder unter einem Winkel von 45° aus; sodann fällt es auf das Nicol *A*, dessen Hauptschnitt senkrecht zu demjenigen des Nicols *P* gerichtet ist, und wird durch Prismen zerlegt.



Ist nun die Quarzplatte derartig justirt, dass die Polarisationsebenen der in sie eindringenden beiden Strahlen, des ordentlichen und des ausserordentlichen, einen Winkel von 45° mit der Einfallsebene einschliessen, dann sieht man das Spektrum von einer Anzahl schwarzer Interferenzstreifen durchzogen. Die beiden in die Platte eindringenden Strahlen geben nämlich bei ihrer Reflexion an der Rückseite zum Entstehen von je zwei neuen Strahlen Veranlassung, sodass nunmehr vier parallele Strahlenbündel aus der Vorderseite der Platte austreten und, durch das Nicol *A* auf gleiche Schwingungsebene gebracht, mit einander interferiren. Wäre nun die Platte genau parallel zur optischen Achse geschnitten, so würde eine Drehung der Platte in ihrer Ebene oder, was dasselbe ist, eine Drehung der beiden Nicols *P* und *A* um 90° keine Aenderung in der Lage der Interferenzstreifen hervorbringen. Ist dagegen die Plattenoberfläche gegen die Krystallachse geneigt, so sind die Streifen nicht mehr gleichmässig angeordnet, sondern paarweise verschoben, und zwar beispielsweise die Streifen gerader Ordnungszahl nach rechts, diejenigen ungerader Ordnungszahl nach links; bei einer Drehung der Nicols um 90° kehrt sich diese Anordnung gerade um, und man kann nun aus der Abweichung der extremen Lagen der Streifen in den beiden Nicolstellungen den Achsenfehler berechnen. Die Formel dafür hat der Verf. leider nicht angegeben.

Bei sehr dünnen Platten thut man gut, dieselben in ein Glasgefäss mit stärker brechender Flüssigkeit (z. B. Schwefelkohlenstoff) zu tauchen, da hierdurch die Weglänge der Strahlen innerhalb der Platte und somit auch die Phasendifferenz zwischen ausserordentlichem und ordentlichem Strahl vergrössert wird.

Zur Einstellung der Quarzplatte in das richtige Azimuth bedient man sich des Hülfsnicols *P'*. Zu diesem Zwecke werden zunächst *P* und *P'* derart senkrecht zu einander orientirt, dass beide mit der Einfallsebene einen Winkel von 45° einschliessen. Sodann setzt man die Quarzplatte dazwischen und dreht dieselbe auf ihrer Unterlage, bis wieder Auslöschung eintritt; in diesem Falle schliessen die Polarisationsebenen der in die Platte eindringenden beiden Strahlen mit der Einfallsebene Winkel von 45° ein; hierauf wird das Nicol *P* in seine richtige Lage (parallel zur Einfallsebene) zurückgedreht.

Bei sorgfältiger Einrichtung kann der Verf. die Bestimmung des Achsenfehlers bis auf etwa eine halbe Minute genau durchführen.

Es möge bei dieser Gelegenheit erwähnt werden, dass der Ref. zur Prüfung der *senkrecht* zur optischen Achse geschnittenen Quarzplatten, wie solche in der Saccharimetrie vielfach Verwendung finden, eine Methode ermittelt und in Anwendung gebracht hat, welche auf ganz ähnlichen Prinzipien beruht, wie die oben beschriebene, und auch ungefähr die gleiche Genauigkeit ergiebt[1]. *Glch.*

Ueber die Theorie der Wimshurst'schen Maschine.

Von P. V. Schaffers. *Ann. de chim. et de phys.* **5.** *S. 132. 1895.*

In der einfachsten Form besteht die Wimshurst'sche Influenzmaschine, welche mit der Holtz'schen viele Aehnlichkeit besitzt, aus zwei im entgegengesetzten Sinn rotirenden Glasscheiben mit zwei rechtwinklig zu einander stehenden diagonalen Konduktoren, von denen der eine zur vorderen, der andere zur hinteren Scheibe gehört. Wenn die Elektrizitätserregung eingeleitet ist, so entsteht eine Vertheilung der Elektrizität auf den beiden Scheiben entsprechend den in Fig. 1 angegebenen Zeichen; die eine Hälfte der Scheibe ist dann positiv,

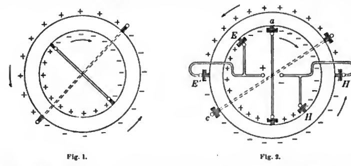


Fig. 1. Fig. 2.

die andere negativ geladen. Um diese Elektrizität nutzbar zu machen, müssen Konduktoren mit Kämmen angebracht werden, welche die beiden Elektrizitäten sammeln. Die günstigste Anordnung dieser Kämme und der diagonalen Konduktoren hat Verf. durch eingehende Untersuchungen festgestellt, nach welchen die aus Fig. 2 ersichtliche Kombination die besten Resultate gibt. Die Kammhalter *E* und *H* sind wie bei der Voss'schen Influenzmaschine noch mit Bürsten versehen, welche die Knöpfe der Scheibe berühren. An den Stellen *E* und *H* der vorderen Scheibe, wie an den Stellen *E'* und *H'* der hinteren Scheibe tritt ein Zeichenwechsel der elektrischen Ladung ein. Die Kammhalter *E* und *E'*, sowie *H* und *H'* stehen um etwa 60° von einander ab; die Winkel zwischen *E* und *a*, *E'* und *c* etc. betragen etwa 30°. *W. J.*

Die elektrischen Eigenschaften des Selens.

Von Shelford Bidwell. *Phil. Mag.* (5) **40.** *S. 233. 1895.*

Nach den Untersuchungen des Verf. scheint die Leitungsfähigkeit des Selens hauptsächlich von Verunreinigungen herzurühren, welche aus Metall-Selen-Verbindungen bestehen; dieselben leiten wahrscheinlich elektrolytisch. Der spezifische Widerstand des Selens schwankt zwischen 30 bis 1600 Megohm und wird im Allgemeinen durch längere Erhitzung nicht verringert. Unempfindliches Selen kann durch Zusatz von Selenverbindungen empfindlich gemacht werden. Die Polarisation des Selens beim Durchgang des Stroms beruht auf der Absorption von Feuchtigkeit. Trockenes Selen steht in der Spannungsreihe

[1]) Vgl. *Wissenschaftl. Abhandlungen der Phys.-Techn. Reichsanstalt* **2.** *S. 212. 1895* und *diese Zeitschr.* **16.** *S. 97. 1896.*

unter Platin, durch den Einfluss der Feuchtigkeit wird bewirkt, dass es über Platin zu stehen kommt.

Die photoelektrischen Ströme beim Auffallen des Lichtes auf Selen sind zweifellos chemischen Ursprungs und hängen von der Gegenwart von Feuchtigkeit ab. *W. J.*

Neu erschienene Bücher.

Photogrammetrie und internationale Wolkenmessung. Von Prof. Dr. C. Koppe. gr. 8°. VIII, 108 S. m. Abbild. u. 5 Tafeln. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn. 1896. Preis 7,00 M.

Seiner „Photogrammetrie oder Bildmesskunst, Weimar 1889", die sich wesentlich mit der Phototopographie beschäftigt, lässt der Verf. hier ein Werk folgen, das das Verbindungsglied zwischen der elementaren, in der Hauptsache graphischen Messtischphotogrammetrie und den feinen photographischen Präzisionsmessungen der Astronomie (photographisch hergestellte Karte des Fixsternhimmels u. s. f.) herstellen soll. In der That hat der Verf., ohne selbstverständlich die äusserste Genauigkeit der zuletzt genannten Anwendung der Photogrammetrie zu erstreben, eine sehr bedeutende Genauigkeitssteigerung erreicht. Sein Hauptgegenstand ist diesmal die Wolkenmessung (im Hinblick auf das am 1. Mai d. J. beginnende „internationale Wolkenjahr"); aber auch die Phototopographie wird wieder berührt (Vorarbeiten zur Jungfraubahn) und es wird dabei mitgetheilt, dass der Verf. mit seinem neuen Phototheodolit eine rund 10 mal so grosse Punktfestlegungsgenauigkeit erlangt hat, als die seither benutzten Photogrammeter und Messungsmethoden zuliessen; in Aussicht gestellt sind weitere Mittheilungen über diese topographische Arbeit und jeder Geodät wird ihnen mit Interesse entgegensehen. Endlich beschreibt der Verfasser auch eine neue Art, photographische Monddistanzen zu erhalten, bei der der niemals deutliche Mondrand eliminirt und (in ähnlicher Art wie bei den Durchgangsbeobachtungen des Mondes von Prof. Franz in Königsberg) durch einen bestimmten Punkt (Krater) auf der Mondoberfläche ersetzt ist; es ist dabei eine sehr grosse Genauigkeitssteigerung erzielt worden (m. F. einer Monddistanz aus der Aufnahme mit einer Platte $= \pm 6''$, m. F. des Mittels aus 4 Messungen also $\pm 3''$, wobei es sich in der That um diesen Betrag als unregelmässigen Fehler handelt). Von besonderem Interesse für die Leser dieser Zeitschrift wird sein, was der Verf. über die Verbesserung seines Phototheodolits mittheilt; er weist den Weg nach, auf dem, wie er mit Recht sagt, dieses Instrument zum Präzisions-Instrument erhoben werden kann und erhoben worden ist. Auch dieser neuen Arbeit des um die Photogrammetrie so hoch verdienten Verfassers ist weite Verbreitung zu wünschen. *H.*

Arbeiten, astronomische, des k. k. Gradmessung-Bureau, ausgeführt unter der Leitung des Hofr. Thdr. v. Oppolzer. Nach dessen Tode hrsg. von D. D. Prof. Edm. Weiss u. Rob. Schram. 7. Band. Längenbestimmungen. Imp.-4°. III, 190 S. Wien u. Prag, F. Tempsky. — Leipzig, G. Freytag in Komm. 16,00 M.

V. Láska, Ueber eine neue Methode zur Bestimmung der Polhöhe durch Photographie. (Aus: Sitzungsber. d. böhm. Gesellsch. d. Wissenschaft.) gr. 8°. 4 S. Prag, F. Řivnáč in Komm.

C. Klein, Ein Universaldrehapparat zur Untersuchung von Dünnschliffen in Flüssigkeiten. gr. 8°. 9 S. m. 5 Holzschnitten. Berlin, Mittheil. Akad. 1895. 1,00 M.

L. Euler, Zwei Abhandlungen über sphärische Trigonometrie. (Grundzüge der sphär. Trigonometrie u. allgemeine sphär. Trigonometrie. 1753—79.) Aus dem Französischen u. Lateinischen übersetzt u. herausgegeben von E. Hammer. 8°. 65 S. m. 6 Holzschnitten. Leipzig 1896. Leinw. 1,00 M.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Redaktionskuratorium:

Geh. Reg.-Rath Prof. Dr. **H. Landolt**, Vorsitzender, Prof. Dr. **A. Westphal**, geschäftsführendes Mitglied,
Prof. Dr. **E. Abbe**, Dr. **H. Krüss**.

Redaktion: Dr. St. Lindeck in Charlottenburg-Berlin.

XVI. Jahrgang. **Juni 1896.** Sechstes Heft.

Zwei Hülfsmittel zur Berechnung barometrisch gemessener Höhenunterschiede mit Benutzung von Höhenstufen.

Von
E. Hammer.

Um barometrisch selbständig gemessene Höhen zu berechnen, hat man bekanntlich zwei Wege: man kann den zu ermittelnden Höhenunterschied als Differenz oder als Produkt zweier Zahlen darstellen.

Der erste und ältere Weg, die Benutzung der sogen. „rohen Meereshöhen" oder *Rechnungshöhen*, wie der Verfasser zu sagen pflegt (denn mit Meereshöhen haben diese Hülfszahlen zunächst gar nichts zu thun und auch das Adjektiv ist nicht bezeichnend), ist erst neuerdings sehr beliebt geworden, seit die bequemen Tafeln von Jordan dafür zu Gebot stehen[1]). Es soll hier auf diese Art der Rechnung nicht weiter eingegangen werden.

Der zweite Weg, die Darstellung des gesuchten Höhenunterschiedes als Produkt, hat wohl noch ebenso viele Anhänger als der erste, und er ist in der That so bequem, als irgend einer sein kann, wenn nur der Werth der barometrischen Höhenstufe rasch und bequem genug aufgesucht oder eingestellt werden kann und zur Ausführung der Multiplikation der Rechenschieber benutzt wird. Zu *dieser* Rechnungsweise möchte ich nun also hier zwei Hülfsmittel angeben.

Aus der allgemeinen Barometerformel:

$$1)\qquad h = C \log \frac{b_1}{b_2} \underset{\mathrm{I}}{\left(1 + \alpha t\right)} \underset{\mathrm{II}}{\left(1 + \gamma \frac{e}{b}\right)} \underset{\mathrm{III}}{\left(1 + \beta \cos 2\varphi\right)} \underset{\mathrm{IV}}{\left(1 + \frac{2H}{r}\right)},$$

— in der bedeuten: h den gesuchten Höhenunterschied, C die Hauptkonstante der Barometermessung (für h in Meter rund 18400), b_1 und b_2 die in demselben Maass genommenen und mit allen Reduktionen (auf die Quecksilbertemperatur 0°, das Normalquecksilberbarometer, auf dasselbe g) versehenen Luftdrucke an den beiden Stationen, $t = \frac{t_1 + t_2}{2}$ die Mitteltemperatur der zu messenden Luftsäule h, $b = \frac{b_1 + b_2}{2}$ den genäherten mittleren Luftdruck und $e = \frac{e_1 + e_2}{2}$ den mittleren Dunstdruck in dieser Säule, φ die geographische Breite der beiden Stationen, $H = H_1 + \frac{h}{2} = H_2 - \frac{h}{2}$ (oder $2H = H_1 + H_2$) die ungefähre mittlere Meereshöhe der beiden Stationen, r den Erdhalbmesser, endlich α, β, γ gewisse konstante Koeffizienten der im Allgemeinen sich wenig von 1 entfernenden Korrektionsglieder I, II, III, des Temperaturfaktors, des Feuchtigkeitsfaktors, des Breitenfaktors (IV heisse Höhenfaktor) — pflegt man, wie bekannt, eine für be-

[1]) Jordan, Barometrische Höhentafeln. *2. Aufl. Stuttgart 1886.*

stimmte Verhältnisse (bestimmte geographische Breite u. s. f.) gültige einfachere Barometerformel dadurch abzuleiten, dass man zunächst den Breitenfaktor III, für das anzunehmende φ_0 berechnet, mit C vereinigt; man überzeugt sich leicht, dass bei der Genauigkeit, der die barometrische Höhenmessung überhaupt fähig ist, die so erhaltene Formel für eine Breitenzone von mindestens 5^0 zu beiden Seiten von φ_0 brauchbar ist. So lange ferner H nicht (wie im Hochgebirge) sehr bedeutende Beträge erreicht, genügt es, auch dafür einen ungefähren Mittelwerth anzunehmen und so den Höhenfaktor IV ebenfalls mit der Konstanten zu vereinigen. Da man endlich bei den gewöhnlichen Barometermessungen überhaupt keine Messung des Dunstdrucks (Feuchtigkeitsmessung) machen will, so kann auch für den Feuchtigkeitsfaktor eine bestimmte Annahme gemacht werden, die II ebenfalls zu der Konstanten zu ziehen gestattet. Man erhält also mit den angedeuteten Annahmen die Formel

$$h = K \log \frac{b_1}{b_2} (1 + \alpha t), \tag{2}$$

in der nur noch der Temperaturfaktor I als Korrektionsglied vorhanden ist; in diesem ist $\alpha = 1/273 = 0{,}00367$ der Ausdehnungskoeffizient der Luft für 1^0 C.

Mit den Annahmen $\varphi_0 = 50^0$, $H_0 = 500\ m$, $e/b = 0{,}01$ hat bekanntlich Jordan die Gleichung für Deutschland von der Form (2) abgeleitet; sie lautet

$$h = 18464 \log \frac{b_1}{b_2} (1 + 0{,}00367\, t). \tag{3}$$

Wenn man nun nicht Rechnungshöhen zur Bestimmung der h verwenden, sondern den Höhenunterschied h als Produkt rechnen will, so hat man $\log b_1/b_2$ in eine Reihe zu entwickeln, die unter der Voraussetzung, dass es sich nur um mässige Höhenunterschiede h, also um kleine Differenzen ($\log b_1 - \log b_2$) handelt, beim ersten Glied abgebrochen wird. Man erhält damit h in der Form:

$$h = m (b_1 - b_2). \tag{4}$$

Dabei ist also m die Anzahl von Meter, um die man sich erheben muss, damit bei einem bestimmten Druck und einer bestimmten Temperatur der Luft die Quecksilbersäule um 1 mm fällt, die „barometrische Höhenstufe“; und man muss demnach, um bequem nach (4) rechnen zu können, den Werth m, der von den beiden Argumenten $b = \frac{b_1 + b_2}{2}$ und $t = \frac{t_1 + t_2}{2}$ abhängt, bequem zur Hand haben (und dann das Produkt nach (4) mit dem Rechenschieber bilden).

An Hülfsmitteln dazu hat man:

1. *Zahlentafeln.* Z. B. hat Schoder solche Tafeln berechnet[1]), die aber (auch in Süddeutschland, für das sie zunächst bestimmt sind) etwas zu kleine Werthe geben; auch die schon erwähnten Tafeln der Rechnungshöhen von Jordan enthalten nebenbei die Werthe der barometrischen Höhenstufe.

2. Die Unbequemlichkeit der Doppelinterpolation in solchen Zahlentafeln mit zwei Eingängen hat bekanntlich die *graphischen Tafeln* Lalanne'scher Art ins Leben gerufen, die in Deutschland besonders durch Vogler[2]) Verbreitung gewonnen haben.

Da mir nun eine *bequeme*, d. h. bei genügender Genauigkeit *übersichtliche* Tafel dieser Art für den vorliegenden Zweck nicht bekannt ist (die vorhandenen Tafeln

[1]) Schoder, Hülfstafeln zur barometrischen Höhenbestimmung. *2. Aufl. Stuttgart 1874.*

[2]) Vogler, Anleitung zum Entwerfen graphischer Tafeln. *Berlin 1877.* Vgl. auch die „Graphischen Barometertafeln“ desselben Verfassers, *Braunschweig 1880*, die zur Rechnung mit „Rohen Meereshöhen“ eingerichtet sind, aber nach meiner Ansicht an dem im Text sogleich zu erwähnenden Uebelstand leiden, sodass sie mir für den praktischen Gebrauch nicht sehr bequem erscheinen.

leiden alle an der Ueberladung mit Linien, sodass nicht *rasch* und bequem damit gearbeitet werden kann, während der angebliche Gewinn an Genauigkeit für den nur einigermaassen in Augenmaassschätzung Geübten gar nicht vorhanden ist oder für den Zweck der Tafel überhaupt nicht in Betracht kommt), möchte ich hier die von mir in das Uebungsbuch für die geodätischen Uebungen an der Technischen Hochschule Stuttgart aufgenommene Tafel dieser Art mittheilen, der die Zahlen der Gleichung (3) zu Grund liegen. Einige Versuche zeigen sofort, dass man aus dieser kompendiösen Tafel (Fig. 1 a. f. S.) den Werth von m auf 1 *cm* ablesen kann, was stets ausreicht.

Die Rechnung des Produkts $m\ (b_1 - b_2)$ geschieht, wie schon angedeutet, mit dem gewöhnlichen Rechenschieber, der bis $h = 100\ m$ noch 1 *dm* liefert, was gerade dem Bedürfniss genügt.

Für das eine Argument b sind unten die Werthe $(b_1 + b_2)/2$ angeschrieben, die bei *kleinen* Differenzen $(b_1 - b_2)$ bequemer sind, oben die Werthe $2\,b = b_1 + b_2$ für etwas grössere Differenzen; ein Versehen durch Verwechslung beider Argumentreihen ist ja nicht möglich. Das zweite Argument links und rechts ist $t = (t_1 + t_2)/2$.

Beispiel. $b_1 = 738{,}6$, $b_2 = 730{,}4$ (beide selbstverständlich vollständig reduzirt); $t_1 = +15^0$, $t_2 = +14^0$. Mit den Argumenten $734\frac{1}{2}$ und $14\frac{1}{2}$ erhält man mit einem Blick $m = 11{,}50$, mit dem Rechenschieber also $h = 8{,}2 \cdot 11{,}50 = 94{,}3\ m$. Die Anwendung der Jordan'schen Zahlentafeln der Rechnungshöhen liefert auf der Seite $+14^0 : h = 357{,}1 - 262{,}9 = 94{,}2$, und auf der Seite $+15^0 : h = 358{,}3 - 263{,}9 = 94{,}4$, somit vollständige Uebereinstimmung. Dem Verf. scheinen die beiden Rechnungsweisen an Bequemlichkeit ganz ebenbürtig.

3. Man kann nun aber einen Schritt weiter gehen und die Aufsuchung von m und die Bildung des Produkts $m\ (b_1 - b_2)$ mit einander *verbinden*.

Das eine Mittel dazu ist ein „Abakus" D'Ocagne'scher Art und es ist zu verwundern, dass noch kein Diagramm dieser Art publizirt zu sein scheint.

Das andere und meiner Ansicht nach noch bequemere Mittel besteht aber darin, dass man das m auf den *Rechenschieber* überträgt, mit dessen Hülfe das Produkt $m\ (b_1 - b_2)$ gebildet wird. Dieses Mittel ist bereits vor mehr als 20 Jahren von Koppe vorgeschlagen worden[1]) und es haben viele Ingenieure sich nach seiner Anleitung diesen Barometerschieber auf ihrem gewöhnlichen Rechenschieber selbst hergestellt: das eine Argument b, von dem m abhängt, war auf dem Stab, das andere t auf dem Mannheim'schen „Courseur" anzubringen. Viele spätere Vorschläge benutzen ebenfalls den Läufer von wesentlich derselben Form, wie ihn der von Prof. Mannheim hat; es sei unter ihnen wenigstens der von Bischoff genannt[2]). Seit aber der Läufer in Deutschland die bequeme Form erhalten hat, wie sie Dennert & Pape in Altona, Nestler in Lahr u. A. ausführen, nämlich aus einem Glas- oder Glimmerplättchen in Metallrahmen besteht, hielt es der Verf. für naheliegend, die eine Theilung (für t) als übersichtliche Strichtheilung auf diesem Glasplättchen auszuführen. Ein Versuch mit einer selbst hergestellten Theilung fiel so befriedigend aus, dass ich die Firma Dennert & Pape veranlasst habe, diesen Läufer anzufertigen und in den Handel zu bringen. Die Theilung für b kann sich Jeder leicht selbst am Stab anbringen. Um sich das zur vollständigen Rechnung barometrischer Höhen ohne Tafel Nothwendige an dem gewöhnlichen, ohnehin zur Hand befindlichen Rechenschieber (Grundstrecke der Theilung $1 - 1 = 125{,}0\ mm$ lang) herzustellen, hat man

---

[1]) *Zeitschr. für Vermess. 1874. S. 1.*

[2]) *Zeitschr. für Vermess. 1891. S. 279.*

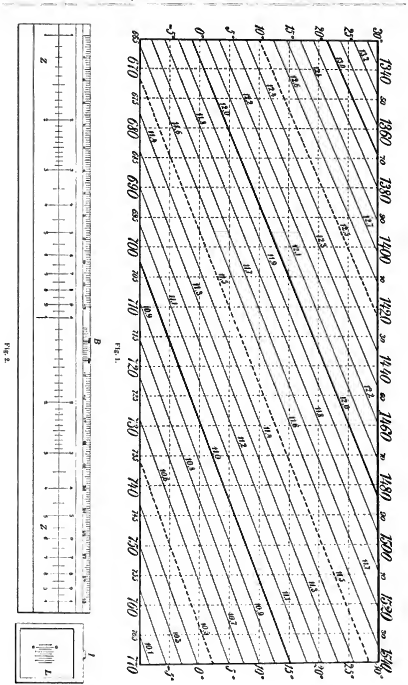


Fig. 1.

Fig. 2.

nichts zu thun, als sich den besonderen Läufer von **Dennert & Pape** dazu kommen zu lassen (Preis 3 M.) und sich die b-Theilung einzureissen. Der Läufer trägt die fertige t-Theilung mit Strichen von 5° zu 5°, sodass man 1° (sogar $^1/_2$°, was aber bei der geringen Sicherheit der Lufttemperaturmessung doch nichts nutzt) in t sicher einstellen kann. Diese t-Theilung ist etwas unter die Mittellinie des Läuferglases herabgerückt, damit sie sich auf der weissen Fläche zwischen der oberen und unteren Zungentheilung gut abhebt, vergl. Fig. 2, die für den Schieber selbst nur die Hauptstriche der oberen Stab- und oberen Zungentheilung enthält.

Der Läufer ist am Rahmen mit einem an die Abschrägung des Zeichenmaassstabes sich anlegenden Plättchen mit Indexstrich I versehen, der zur Einstellung von b dient. Die b-Theilung hat man sich, wie schon erwähnt, am besten selbst herzustellen (sie wird übrigens auf Wunsch ebenfalls von **Dennert & Pape** ausgeführt): es wird bei B aus dem Längenmaassstab, etwa zwischen den 12- und 15-*cm*-Strichen, die vorhandene Theilung ausradirt und eben durch die b-Theilung ersetzt, für die ich unter der Annahme, dass sie von $b = 590$ bis $b = 780$ gehen soll (für das ausseralpine Deutschland für alle Fälle, auch die tiefsten Barometerstände, ausreichend), hier die Zahlen für alle Zehnerstriche angebe. Wenn der Nullstrich des Läufers (0—0) auf die Ablesung A an der oberen Stabtheilung gestellt wird, so ist auf der herzustellenden Theilung B die Marke (zunächst am besten feine Nadelstiche unter der Lupe) für das beigesetzte b zu machen. Die so erhaltenen Marken für diese b kontroliren sich sehr gut durch die nur sehr kleine Abnahme des Intervalles zwischen je zwei aufeinanderfolgenden Punkten; wenn man zunächst nur einen Theilstrich b (z. B. 600) direkt mit der Einstellung von I (auf 1336) angeben, die andern aber durch ihre Entfernung von jenem aus feststellen will (wobei dann aber jedenfalls mindestens noch ein weiterer Theilstrich b, z. B. 750, mit Hülfe der Tabelle 1 kontrolirt werden sollte), so kann man die zu den einzelnen b gehörigen Abstände l in Millimeter (unter Voraussetzung der Theilungslänge 125,0 *mm* der Grundstrecke des Schiebers) aus der Tabelle 2 entnehmen:

Tabelle 1.

A	b
1027	780
1041	770
1055	760
1069	750
1084	740
1098	730
1114	720
1129	710
1146	700
1162	690
1179	680
1197	670
1215	660
1234	650
1253	640
1273	630
1293	620
1315	610
1336	600
1357	590

Tabelle 2.

b	l
590	— 0,86 *mm*
600	0,00
610	0,86
620	1,74
630	2,62
640	3,48
650	4,32
660	5,15
670	5,96
680	6,77
690	7,57
700	8,36
710	9,13
720	9,88
730	10,63
740	11,35
750	12,08
760	12,81
770	13,53
780	14,26

Das Ausziehen und Schwärzen der Striche *b* bietet keine Schwierigkeit; Verf. pflegt zur Uebersicht die Striche 600 und 700 stark, 650 und 750 punktirt anzugeben; es genügt dann, die Zahlen 600 und 700 anzuschreiben oder auch, selbst bei ganz geringer Uebung, die Bezifferung ganz wegzulassen. Die *b*-Theilung ist derart, dass 1 *mm* in *b* eben noch eingestellt werden kann, was völlig genügt.

Auch für die (rothgefärbten) Striche der *t*-Theilung auf dem Läufer mögen hier, obgleich der Läufer fertig bezogen werden kann, noch die Entfernungen der Striche vom Nullstrich 0—0 aus in Millimeter angegeben sein (Theilungseinheit des Schiebers wie oben angegeben und wie gewöhnlich 125,0 *mm*).

Tabelle 3.

t	Entfernung
— 5°	— $1{,}00_5$ *mm*
0	0,00
+ 5	$0{,}98_5$
10	$1{,}95_5$
15	$2{,}90_5$
20	3,84
25	4,76
30	$5{,}66_5$
35	6,55

Die *t*-Theilung ist ausser am Nullstrich nicht beziffert, was auch ganz unnöthig ist.

Es braucht kaum hinzugefügt zu werden, dass die *b*-Theilung auch in der Nähe der *ersten* 1 der Schiebertheilung (gegen das linke Ende) angebracht werden könnte; es müsste aber dann der Index *I* am Läufer etwas anders (nicht ungefähr in der Mitte) angebracht werden.

Die Arbeit ist nun höchst einfach: wird *I* des Läufers *L* auf $b = (b_1 + b_2)/2$, die (mittlere) 1 der Zunge *Z* des Schiebers auf $t = (t_1 + t_2)/2$ der Läufertheilung gestellt, so wäre bei 1 der Zunge (ob bei der 1. oder 2. ist bekanntlich ganz gleichgültig) an der oberen Stabtheilung die barometrische Höhenstufe *m* abzulesen; dieses *m* wird aber natürlich nicht abgelesen, sondern es wird sogleich bei $(b_1 - b_2)$ der Zunge an der Stabtheilung der Höhenunterschied *h* abgelesen. Im obigen Beispiel *I* auf 734½ in *b*, Zungen-1 auf 14½ der Läufertheilung giebt bei 8,2 der Zunge die Ablesung $h = 94{,}3$, wie auch oben mit Benutzung von Fig. 1 berechnet wurde.

Wer nur einige wenige Barometerhöhen mit diesem einfachen Koppe'schen Hülfsmittel in der hier vorgeschlagenen Form gerechnet hat, wird für kleinere Höhenunterschiede, bis 100 oder auch 200 *m*, kaum mehr ein anderes Hülfsmittel gebrauchen. Die Genauigkeit der Rechnung bei Höhenunterschieden bis 200 oder 300 *m* lässt sich selbstverständlich durch Anwendung des 50 *cm*- an Stelle des 25 *cm*-Schiebers steigern, doch ist der erste nicht überall zur Hand und die Genauigkeit, die der zweite gewährt, für die *sachliche* Genauigkeit der Barometermessung überhaupt ausreichend. Die Zahlen für die *b*-Theilung auf dem Stab und die *t*-Theilung auf dem Läufer sind oben so genau angegeben, dass sie zur Herstellung dieser Theilungen auch am 50 *cm*-Schieber ausreichen (die für *l* in Tabelle 2 und für die Entfernungen in Tabelle 3 sind zu verdoppeln). Es ist aber auch noch darauf aufmerksam zu machen, dass für *grosse* Höhenunterschiede (die aber für umfassende barometrische Höhenaufnahmen im Sinne der „Flächen-Nivellements" auch im Mittelgebirge geringere Wichtigkeit haben,

als die kleinern Höhenunterschiede bis 100 oder 200 *m*) die barometrischen Höhenstufen mit Benutzung der einfachen Gleichung (4) sich schon aus theoretischen Gründen zur Berechnung nicht mehr eignen und hier dann auch praktisch die Rechnungshöhen jedenfalls im Vortheil sind.

Ablesevorrichtungen für Präzisionswaagen.

Von
Wilh. Spoerhase (Inh. d. Firma C. Staudinger & Co.) in Giessen.

Seit Angabe der mikroskopischen Ablesung für feine Waagen von Dittmar in *dieser Zeitschrift* **2.** *S. 63. 1882*, hatte ich eine Anzahl Waagen für 1 *kg* Belastung mit dieser Einrichtung versehen, fand jedoch bald, dass dieselbe nur dann etwas leisten konnte, wenn das Mikroskop nicht in der Vorderwand des Glaskastens angebracht, sondern mit dem Stativ der Waage durch metallische Streben fest verbunden wurde.

Ich machte auch Dittmar seiner Zeit darauf aufmerksam; seine Broschüre „Ueber eine Universalwaage für chemische Zwecke", die im Jahre 1891 in meinem Verlag erschien und damals an Interessenten versandt wurde, enthält nähere Angaben darüber.

Die nach dieser Modifikation sehr exakt arbeitende Vorrichtung war jetzt für solche Waagen verwendbar, bei denen eine feststehende Vorderwand die Durchführung des Mikroskops ermöglichte.

Abwechselnd durch das Mikroskop zu sehen und die gewöhnliche Skale mit unbewaffnetem Auge zu beobachten, war jedoch ziemlich störend und zeitraubend und beeinträchtigte die Vortheile der Ablesung nicht unerheblich. Ihre Anbringung an sehr kurzarmigen Waagen war sogar besonders erschwert durch die hier beschränkten Grössenverhältnisse und es musste von der Anwendung eines Schiebers oder verstellbaren Fensters ganz abgesehen werden, wenn man nicht die aussordentlich unbequeme Befestigung des Mikroskops ganz ausserhalb des Kastens in Betracht ziehen wollte, wobei das Mikroskop in erhöhtem Maasse allen störenden Einflüssen ausgesetzt war.

Es gab mir dies Veranlassung, die Möglichkeit einer Verlegung des Mikroskops vollständig in das Innere des Kastens ins Auge zu fassen, wodurch das Mikroskop geschützt untergebracht war.

Herr Optiker Hensold in Wetzlar war so liebenswürdig, mir seine reichen Erfahrungen auf diesem Gebiete zur Verfügung zu stellen, und es gelang, ein Mikroskop zu konstruiren, welches alle erforderlichen Eigenschaften besitzt. Dasselbe hat bei einem Augenabstande von 8 bis 10 *cm* etwa 10fache Vergrösserung und völlig ausreichendes Gesichtsfeld. Im Fokus trägt es einen vertikalen Faden als Index. Mit Hülfe dieses Mikroskops habe ich nun eine *Ablesevorrichtung Nr. I* konstruirt (D. R. G. M. Nr. 56 357), welche die exaktesten Wägungen in der bequemsten und vortheilhaftesten Weise zulässt. Die Befestigung des Mikroskops *M* (Fig. 1) geschieht mittels eines Trägers *T*, zwischen dessen gabelförmig erweiterten Füssen *FF* die Makroskale *S* und etwas oberhalb an dem Träger selbst für schwache Augen eine grossfeldige Lupe (in der Figur, weil nicht absolut nothwendig, nur angedeutet) angebracht ist.

Die Stellung der Skalen *S* und *s* ist so gewählt, dass der vor der Waage sitzende Beobachter beide fast gleichzeitig übersehen kann, wobei eine grössere oder geringere Annäherung des Auges an die vordere planparallele Glaswand nicht von

Belang ist. Das Gesichtsfeld des Mikroskops *M*, in Fig. 2 in etwa doppelter wirklicher Grösse dargestellt, umfasst 60 Intervalle der 20 *mm* langen, durchweg in $^1/_{10}$ *mm* eingetheilten Elfenbeinskale, deren einzelne Millimeter mikroskopisch beziffert sind. 10 Grad dieser Skale *s* sind im Winkelwerth genau gleich 1 Grad der unteren, festen Skale *S*.

Wenn nun die Waage schwingt, so bewegt sich das Bild der Skale *s* vor dem Faden *f* hin und her, aber es hat den Anschein, als ob der Faden der bewegliche

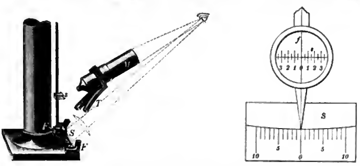


Fig. 1. Fig. 2.

Theil sei, und da das Mikroskop die Bilder umkehrt, so ist die scheinbare Bewegung des Fadens *f* dem Sinne nach dieselbe, wie die wirkliche Bewegung des Zeigers gegen die untere Skale *S*.

Im Hinblick auf den oben erwähnten Dittmar'schen Aufsatz[1]), der auf die Vorzüge dieser Ablesevorrichtung näher eingeht, darf ich wohl annehmen, dass deren Einzelheiten weiteren Kreisen bekannt geworden sind und eine nähere Beschreibung hier überflüssig ist; ich erwähne deshalb nur noch, dass sich dieselbe bei Waagen erster Ordnung vorzüglich bewährt hat und in dieser neuen Gestalt ganz überraschende Vortheile für ein schnelles und sicheres Arbeiten bietet.

Obgleich die Herstellungskosten dieser neuen Ablesevorrichtung gegenüber der ursprünglichen Konstruktion sehr mässige sind, sodass dieselben bei Anschaffung einer feinen Waage kaum in Betracht kommen können, bleibt sie immer für billigere Waagen verhältnissmässig zu theuer. Dieser Umstand veranlasste schon Dittmar im Jahre 1891, für seine oben erwähnte Universalwaage eine Ablesevorrichtung anzugeben[2]), die ich später mehrfach für analytische Waagen angewandt habe.

Dieselbe besteht aus einer feingetheilten Elfenbeinskale, die unter 45° an der Waagensäule befestigt ist. Ein zwischen zwei Vorsprüngen des Zeigers ausgespannter sehr feiner, photographisch geschwärzter Seidenfaden dient als Index und ein in der festen Vorderwand des Kastens befindliches orthoskopisches Mikroskop zum Ablesen; 5° der feinen Skale sind im Winkelwerth genau gleich 1° der gewöhnlichen Skale, sodass man für einen Zeigerausschlag von 1° der letzteren $^1/_5$° an der oberen Skale, die im Mikroskop den Eindruck einer Millimeterskale macht, direkt ablesen, die $^1/_{10}$ bezw. $^1/_{20}$ aber noch bequem schätzen kann.

[1]) Auch die Bunge'sche Werkstätte beschreibt in *dieser Zeitschrift* **14.** *S. 131. 1894* die nämliche Ablesevorrichtung (allerdings als eigne Konstruktion) mit der oben erwähnten Anbringung des Mikroskops ausserhalb des Kastens.

[2]) Vergl. „Universalpräzisionswaage für chem. Zwecke" von Dr. W. Dittmar, Prof. d. Chemie am *Anderson College* in *Glasgow*. *S. 13.* Verlag v. C. Staudinger & Co., *Giessen 1891.*

Die offenbare Absicht Dittmar's, sich durch diese Anordnung von dem Gehäuse der Waage unabhängig zu machen, ohne die kostspielige feste Verbindung des Mikroskops mit dem Stativ berücksichtigen zu müssen, hatte allerdings den Vortheil der billigeren Herstellung einer recht brauchbaren Ablesevorrichtung. Allein die schon oben erwähnten Uebelstände der Befestigung des Mikroskops in der Vorderwand des Kastens machten ihre Anwendung bei der Mehrzahl der gebräuchlichen Waagen nicht angängig.

Die nun häufig wiederkehrende Nachfrage nach billigen analytischen Waagen mit besonders kurzer Schwingungsdauer bei hinreichender Sichtbarkeit des 0,1 *mg* entsprechenden Ausschlages und möglichst grossem Skalenumfang, der bei Anwendung des 50 *mg*-Reiters eine direkte Ablesung von 10 bis $^1/_5$ *mg* gestattet und so die kleineren Gewichte von 0,05 *g* abwärts vollständig entbehrlich macht, brachte mich auf diese Ablesevorrichtung zurück, da dieselbe, abgesehen von dem Mikroskop, einfach war und recht befriedigende Resultate gab.

Mehrfache Versuche, das Mikroskop durch eine stark vergrössernde achromatische Lupe zu ersetzen, welche innerhalb des Kastens bequem angebracht werden konnte, gaben völlig unzureichende Resultate, doch gelangte ich hierdurch zu einer Linsenverbindung, die den Leistungen des Mikroskops sehr nahe kommt und dabei die Herstellungskosten einer guten Doppellupe nicht wesentlich übersteigt.

Die etwa 5-fache Vergrösserung dieser aus zwei besonders gefassten Linsen bestehenden Lupe, bei einem die ganze Skale umfassenden Gesichtsfelde, leistet mehr, als zur bequemen und scharfen Beobachtung der Mikroskale erforderlich ist.

Fig. 3 stellt die *Ablesevorrichtung Nr. II* in ihrer neuen Form dar. Die Nadel N trägt einige Zentimeter oberhalb ihrer unteren Spitze die vertikal verstellbare Hülse h, deren Vorsprünge $r\,r_1$ in ihrem äussersten Ende feine Oeffnungen besitzen, durch welche der Indexfaden hindurchgeführt und an dem Zeiger oberhalb und unterhalb befestigt ist. Ein Träger T springt in zwei Armen zur Aufnahme der Mikroskale s vor und ist letztere derart eingepasst, dass erst, nachdem der Balken und Zeiger angebracht sind, die Mikroskale befestigt und durch kleine seitliche Verschiebungen die Koinzidenz von Faden und Nullpunkt herbeigeführt wird.

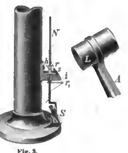


Fig. 3.

Die Lupe L ist mittels beweglichen Armes A im Innern des Kastens befestigt. Beim Gebrauch ist sie dort in einer jedem Auge passenden Stellung durch Anschlag fixirt und kann durch seitliche Verschiebung des Armes A rasch in und ausser Gebrauch gesetzt werden. Noch bequemer ist ihre direkte Anbringung an dem Schieber mittels eines gabelförmigen Trägers A, wo sie beim Oeffnen des Kastens mit diesem emporgezogen wird und beim Schliessen desselben ihre alte Stellung wieder einnimmt; eine hierdurch etwa entstehende minimale Veränderung ihrer anfänglichen Lage ist absolut ohne Einfluss auf die Ablesungen.

Es ist unzweifelhaft, dass diese Ablesevorrichtung auch für Waagen erster Ordnung geeignet ist, zumal durch kleine Verschiebungen der den Index tragenden Hülse h auf der Nadel die Parallaxe auf ein verschwindendes Maass gebracht werden kann; auch sind bereits eine ganze Anzahl feiner, langarmiger Waagen, welche allerdings unter Anwendung eines Mikroskops mit dieser Ablesevorrichtung ausgerüstet waren, aus meiner Werkstätte hervorgegangen.



Auch für langarmige Waagen wandte ich schon vor Jahren eine in $^1/_2$ bezw. $^1/_5$ eingetheilte Elfenbeinskale an und liess den Zeiger zu einer sehr feinen Spitze ausarbeiten; zum Ablesen diente eine achromatische Lupe, welche im Innern des Kastens angebracht war; doch gelang es niemals, ausreichende Vergrösserung oder Sehfeld zu erzielen, wodurch die Beobachtung für das Auge anstrengend blieb.

Mit Hülfe der neuen Lupe wurde diese Schwierigkeit leicht überwunden und, bei entsprechender Anordnung derselben vor dem Stativ, eine recht brauchbare *Ablesevorrichtung Nr. III* hergestellt, die auch an Einfachheit nichts zu wünschen übrig lässt.

Die Skale S (Fig. 4, wirkliche Grösse) ist auf ihrer ganzen Länge von 20 *mm* durchweg mit einer Eintheilung von 0,2 *mm* versehen, die ganzen Millimeter sind beziffert.

Die Nadel N, an ihrem unteren Ende zu einem kleinen Rahmen erweitert, trägt innerhalb, in der Mitte der oberen Kante, hinter diese etwas zurückspringend, eine haarfein ausgearbeitete Spitze i, welche als Index an der im Radius der Nadellänge ausgeführten Theilungskante, diese fast berührend, schwingt. Dieser Spitze genau gegenüberliegend befindet sich auf der unteren Rahmenkante ein etwas kräftigerer Index J für die in doppelter Länge und Stärke vorspringenden, mit dem blossen Auge gut sichtbaren einzelnen Millimeterstriche.

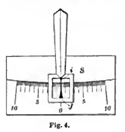


Fig. 4.

Beide Indizes erscheinen zusammen im Gesichtsfeld der Lupe, sodass die Ablesungen eine noch bequemere, wenn auch minder vollkommene Vergleichung wie die Vorrichtungen Nr. I und II gestatten.

Es liegt auf der Hand, dass dieser Umstand veranlassen könnte, selbst da, wo es sich um Genauigkeiten ersten Grades handelt, der Ablesevorrichtung Nr. III, schon ihrer Einfachheit wegen, den Vorzug zu geben, und ist es vielleicht nicht überflüssig zu bemerken, dass man bei sorgfältigster Ausführung des Index i in der That im Stande ist, innerhalb der ersten 5 *mm* beiderseits von Null, Ablesungen bis auf 0,05 *mg* (wenn ein Zeigerausschlag von 2 *mm* einem Uebergewicht von 1 *mg* entspricht) mit voller Sicherheit zu machen.

Da die Herstellungskosten dieser Vorrichtung sich im Wesentlichen auf diejenigen der Lupe beschränken, ihre Zusammenstellung aber in Nichts von dem der einfachen Waage abweicht, so dürfte hiermit für rasche und zuverlässige Wägungen eine sehr einfache Methode gegeben sein, die sich den Gewohnheiten des Chemikers am besten anpassen wird.

Ich habe gar keinen Zweifel, dass sich diese Ablesevorrichtung Nr. III an der oben erwähnten Universalwaage, die eine für die Mehrzahl der im Laboratorium vorkommenden Wägungen völlig ausreichende, rasch arbeitende und dabei billige Waage ist, recht gut bewähren wird.

In einem späteren, ausführlicheren Bericht über diese letztere werde ich jedenfalls auf die mit der Ablesevorrichtung erzielten Erfahrungen zurückkommen.

Ueber Thermometer mit variabler Quecksilberfüllung.

Von
Fr. Grützmacher.

Zu sehr genauen Temperaturmessungen reichen in zehntel Grade getheilte Thermometer vielfach nicht aus, weil in kurzen Zeiträumen eintretende Temperaturänderungen von geringem Betrag an diesen Thermometern nur mit Mühe und ungenau beobachtet werden können. Nun sind aber in zehntel Grade getheilte Normalthermometer[1]) schon von beträchtlicher Länge, sodass ihre Anwendung in kleinen Apparaten meistentheils unmöglich ist, da die Länge der aus dem Temperaturbade herausragenden Quecksilbersäule eine erhebliche Ungenauigkeit wegen der Unsicherheit der Fadenkorrektion bedingen würde. In hundertstel Grade getheilte Normalthermometer würden aber wegen ihrer übergrossen Länge überhaupt nicht mehr verwendbar sein.

Um die in zehntel Grade getheilten Normalthermometer handlicher zu gestalten, half man sich mit eingeschalteten Erweiterungen. Man lässt die fortlaufende Theilung z. B. nur bis etwas über 50° reichen, schaltet eine Erweiterung von weniger als 50° Inhalt ein und trägt dann weiter einige Grade unterhalb und oberhalb 100° auf, sodass die Skale dieses Thermometers durch Kalibrirung und Bestimmung der Fundamentalpunkte festgelegt werden kann. Für ein zweites Instrument, bei welchem die fortlaufende Theilung das Intervall 50° bis 100° umfassen soll, müsste die Erweiterung natürlich zwischen 0° und 50° eingeschaltet sein. In ähnlicher Art wurden denn auch die Normalthermometer konstruirt, welche bis 200° und 300° reichen sollten, indem man an den betreffenden Stellen Erweiterungen von 100° bezw. 50° einschaltete. Auf diese Weise wurde aber, je nach dem Skalenumfang des einzelnen Instruments, die zwei- oder mehrfache Anzahl von Thermometern erforderlich, was für ein grosses Temperaturintervall mit erheblichen Kosten verknüpft ist.

Aber auch diese Normalthermometer waren vielfach noch zu lang, z. B. für chemische Untersuchungen, die meist mit nur geringen Mengen Substanz in kleinen Apparaten ausgeführt werden müssen. Für gewisse Zwecke beschränkte man sich daher darauf, „Satzthermometer“ zu benutzen, welche, ohne die thermometrischen Fixpunkte zu besitzen, bei einer geringen Länge nur eine bestimmte Anzahl von Graden umfassen, derart, dass das Messbereich des einen Instruments noch in das des folgenden übergreift. Die Korrektionen dieser Thermometer müssen jedoch immer erst durch Vergleichung mit einem Normalthermometer ermittelt werden.

Sollten diese Satzthermometer nun in hundertstel Grade getheilt sein, so könnte bei deutlicher Theilung und einer mittleren Länge der Thermometer von 30 bis 40 *cm* jedes Instrument nur höchstens 7 Grad umfassen; es würden also allein für das Intervall 0° bis 100° nahezu 20 Instrumente erforderlich sein!

Aehnliche Erwägungen führten schon vor etwa 60 Jahren Walferdin dazu, ein Thermometer mit veränderlicher Quecksilberfüllung zu konstruiren[2]), welches er ein *metastatisches* nannte (von *μεθ'ίστημι* — verändern). Das Charakteristische an

[1]) Als Normalthermometer können nur solche Instrumente bezeichnet werden, deren Skale durch Kalibrirung und direkte Beobachtung der Fixpunkte 0° und 100° bestimmt werden kann. Leider ist es jetzt vielfach üblich geworden, auch nicht in sich selbst bestimmbaren Thermometern diese Bezeichnung beizulegen, sobald dieselben zur Kontrole minderwerthiger Instrumente benutzt werden.

[2]) *Compt. rend. 1840. S. 292* und *1842. S. 63*; vgl. auch: Ueber die Einrichtung der Thermometer des Herrn Walferdin, *Pogg. Ann. 57. S. 541. 1842.*

diesem Thermometer war die birnenförmige Erweiterung am oberen Ende der feinen Kapillare; Walferdin nannte sie „umgekehrten Kegel“ (s. Fig. 1). Allerdings hat damals auch schon J. Pierre[1]) Erweiterungen an seinen Thermometern angebracht, denn er bemerkt in seiner Abhandlung *a. a. O. auf Seite 561* folgendes: „Der Stiel eines jeden Thermometers hatte oben einen Behälter voll ganz trockner Kohlensäure, damit die Quecksilbersäule immer unter gleichem Druck[2]) verbleibe“; den Zweck jedoch, mit dieser Erweiterung die Quecksilberfüllung variiren zu können, scheint zuerst Walferdin verfolgt zu haben. Das Walferdin'sche Stabthermometer trug eine willkürliche, äusserst sorgfältig ausgeführte Theilung, welche einem Skalenumfang von nur 15 Grad entsprach. Die Hauptpunkte dieser Theilung waren dem durch vorherige genaue Kalibrirung ermittelten Volumen jedes Intervalls entsprechend aufgetragen. Verglich nun Walferdin sein Thermometer an dem unteren und oberen Skalenende mit einem Normalthermometer, so konnte er auf diese Weise den Skalen- oder Gradwerth seines Thermometers genau berechnen. Sollte das Thermometer in einer höheren Temperatur gebraucht werden, als bei der vorhandenen Quecksilberfüllung noch an der Skale ablesbar war, so erwärmte er sein Instrument um eine Anzahl von Graden über die zu messende Temperatur hinaus, sodass Quecksilber in die am oberen Ende befindliche Erweiterung eintrat, und trennte durch seitliches Klopfen an dem Thermometer die erforderliche Menge Quecksilber ab; diese blieb dann, weil die Kapillare sehr eng gewählt war, beim Zurückfliessen des Fadens in der Erweiterung liegen. Nun bestimmte Walferdin wieder einen unteren Punkt an seinem Thermometer durch Vergleichung mit einem Normalthermometer und fügte dem ermittelten Werthe dann den gegen diesen Punkt bei der später erfolgenden Untersuchung beobachteten Temperaturunterschied hinzu, welchen er ja nach der oben erwähnten Gradwerthbestimmung aus seiner willkürlichen Skale berechnen konnte.

Fig. 1.

Sollte der frühere Stand beim Thermometer wieder erreicht werden, so brauchte dasselbe nur soweit erwärmt zu werden, dass der Quecksilberfaden sich mit dem in der oberen Kammer befindlichen Tröpfchen vereinigte. Bei darauf folgender Abkühlung floss dann sämmtliches Quecksilber wieder in die Kapillare zurück. Diese Erweiterung am oberen Ende der Kapillare hat aber auch noch den Vortheil, dass die in neuen Thermometern trotz sorgfältigster Ausführung immer noch vorhandenen geringen Spuren von Luft leicht aus dem Gefässe entfernt und über den Quecksilberfaden geschafft werden können.

Für ganz genaue Untersuchungen, bei denen es auf die Ermittelung sehr geringer Temperaturschwankungen ankam, liess Walferdin auch metastatische Weingeistthermometer anfertigen (Fig. 2). Hierzu wählte er eine äusserst feine Kapillare, in welche nach seiner Ansicht Quecksilber als Thermometerflüssigkeit nur schwer hätte hineingefüllt werden können. Alkohol jedoch, welcher die Innenwand der Kapillare benetzte, war verwendbar. In die so benetzte Röhre gelang es dann ganz leicht, ein Tröpfchen Quecksilber

Fig. 2.

[1]) Ueber den vergleichenden Gang der Quecksilberthermometer aus verschiedenen Glassorten. *Pogg. Ann.* **57.** *S. 553. 1842.*

[2]) In späteren Jahren verwandte man zur Füllung der Thermometer unter Druck, um hierdurch den Siedepunkt des Quecksilbers zu verzögern, den indifferenten Stickstoff; seit einigen Jahren wird jedoch wieder auf Vorschlag von Dr. Mahlke die so bequem im Handel zu habende Kohlensäure benutzt.

hineinzubringen, dessen sich **Walferdin** bei seinen Temperaturmessungen als Zeiger bediente. Dies Tröpfchen wurde nämlich bei der geringsten Temperaturschwankung mit grosser Schnelligkeit von dem oberhalb und unterhalb befindlichen Alkoholfaden vorwärts oder rückwärts geschoben.

Da die Ausdehnung des Alkohols in Glas sechsmal so gross ist als die des Quecksilbers, so wurde auch die Länge eines Grades im Verhältniss zum vorigen Thermometer um das Sechsfache vergrössert. Die geringere Empfindlichkeit des Alkohols wurde dadurch ausgeglichen, dass in Folge der äusserst feinen Kapillare auch das Gefäss viel kleiner gewählt werden konnte. Das sehr geringe Volumen des Gefässes hatte aber wiederum zur Folge, dass den zu untersuchenden Körpern eine möglichst geringe Wärmemenge entzogen wurde.

Die Skale dieses Weingeistthermometers umfasste 1 bis 2 Grad. In Folge dieses geringen Temperaturumfanges wurde öfter eine andere Füllung nöthig. Die Ausführung derselben wurde durch den oben an der Erweiterung befindlichen kleinen Sack erleichtert, wohinein das Quecksilbertröpfchen geschleudert wurde, und worin es so lange verblieb, bis die der neuen Temperatur entsprechende Menge Alkohol das Gefäss und die Kapillare anfüllte. Zu diesem Zwecke wurde das Thermometer ebenfalls wieder ein wenig über die zu messende Temperatur hinaus erwärmt und dann das Quecksilbertröpfchen aus dem Sack in die Erweiterung gebracht. Hier sank es in Folge seiner Schwere im Alkohol unter bis zum oberen Ende der feinen Kapillare und verschloss dieselbe. Bei der darauf folgenden Abkühlung des Thermometers wurde dann das Quecksilbertröpfchen vom Alkohol in die Kapillare hineingezogen und diente wieder, wie vorhin, als Index.

In ähnlicher Weise liess **Walferdin** auch Maximum- und Minimumthermometer anfertigen und zwar als eine Art von Ausflussthermometern. Zu diesem Zwecke wurde am oberen bezw. unteren Ende der Kapillare eine sackartige Erweiterung angeblasen, in welche die Kapillare in einer Spitze endigte (s. Fig. 3). Diese Extremthermometer scheinen jedoch keine grosse Verbreitung gefunden zu haben, da sowohl ihre Anfertigung, als auch ihre Behandlungsweise umständlich war. Ihre Füllung musste jedesmal vor dem Gebrauche dem voraussichtlich eintretenden Maximum oder Minimum der Temperatur entsprechend ausgeführt und die wirkliche Temperatur dann später durch Vergleichung mit einem Normalthermometer ermittelt werden.

Fig. 3.

Auf die ausserdem für Spezialuntersuchungen von **Walferdin** mit *besonderen Gefässformen* versehenen Thermometer näher einzugehen, würde hier zu weit führen.

Das **Walferdin**'sche Prinzip, durch Veränderung der Quecksilberfüllung *ein* Thermometer für verschiedene Temperaturen brauchbar zu machen und somit mehrere andere Instrumente von gleicher Gradlänge und gleichem Skalenumfang zu ersetzen, ist später von anderen Forschern zur Konstruktion besonderer Typen metastatischer Thermometer benutzt worden.

Zu erwähnen sind hauptsächlich die folgenden 5 Arten.

Fig. 4 stellt das von Prof. Dr. J. **Pernet** konstruirte und im Jahre 1886 gesetzlich geschützte (D. R. P. Nr. 39 828) Thermometer dar[1]). Dasselbe hat ausser dem

[1]) *Wissensch. Abhandl. d. Phys. Techn. Reichsanstalt* **1.** *S. 14. 1894* und *diese Zeitschrift* **15.** *S. 7, 1895.*

Hülfsreservoir am oberen Ende der Kapillare in der Kapillare selbst oberhalb und unterhalb des Messrohres noch je zwei Erweiterungen, von denen jede ein Volumen von etwas weniger als 50° besitzt. Durch diese Anordnung gestattet das Instrument

1. bei verhältnissmässig geringer Länge und grosser Empfindlichkeit Messnngen in weiten Temperaturgrenzen auszuführen (von — 37° bis + 300°),
2. eine strenge Kalibrirung und Bestimmung des Fundamentalabstandes (Gradwerthes),
3. einige von der Ausdehnung des Glases herrührende wichtige Korrektionen zu bestimmen, weil die Fundamentalabstände bei 4 verschiedenen Quecksilberfüllungen ermittelt werden können.

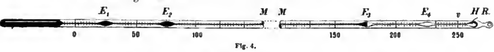


Fig. 4.

Um das Abtrennen von bestimmten Quecksilbermengen zu erleichtern bezw. die unbeabsichtigte Wiedervereinigung des abgetrennten und oben im Hülfsreservoir befindlichen Quecksilbers möglichst zu verhindern, ist sowohl dicht oberhalb des Gefässes als auch unterhalb des Hülfsreservoirs eine kleine Verengung der Kapillare vorgenommen worden.

Fig. 5.

Das andere von Pernet konstruirte metastatische Thermometer[1]) ist das sog. Gebrauchsnormal (Fig. 5). Dies hat nur je eine Ampulle oberhalb und unterhalb des Messrohres. Der Fundamentalabstand kann bei diesem Thermometer demnach mit 2 verschiedenen Quecksilberfüllungen bestimmt werden. Hieraus ist es dann ebenfalls noch möglich, die scheinbare Ausdehnung des Quecksilbers im Glase und daraus wieder den Ausdehnungskoeffizienten der zur Herstellung des Thermometers verwendeten Glasart abzuleiten.

Diese beiden Arten von metastatischen Normalthermometern kann man als *zweitheilige* Instrumente bezeichnen, weil bei dem Skalenumfang des Messrohres von 50° für Beobachtungen im Temperaturintervall 0° bis 100° zwei Quecksilberfüllungen nöthig sind. Bei beiden Thermometern befindet sich, wie schon oben gesagt wurde, das Messrohr *zwischen* den Erweiterungen.

Die beiden folgenden Normalthermometer (Fig. 6 u. 7) sind dagegen *dreitheilig*[2]), weil sowohl das Messrohr wie die Erweiterungen nur etwa 33° umfassen. Bei dem einen Instrument, welches von Herrn Prof. Thiesen herrührt, befindet sich das Messrohr *über* den beiden Erweiterungen, bei dem anderen dagegen *unterhalb* derselben. Beide Instrumente finden im *Bureau international* und in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt, Abth. I, als Normale Verwendung. Die gesammte Quecksilberfüllung reicht bei der Temperatur 0° im Thiesen'schen Thermometer etwa bis zur Skalenstelle 68°, während dieselbe bei dem zweiten Instrument natürlich nur bis 0° zu reichen braucht.

Fig. 6. Fig. 7.

[1]) *a. a. O. S. 16 bezw. S. 9.*

[2]) *Wissensch. Abhandl. der Phys. Techn. Reichsanstalt* **2.** *S. 8 und 15. 1895.*

Im Gegensatz zu diesen 4 metastatischen Normalthermometern steht das letzte der noch zu erwähnenden Instrumente. Es ist dies das von Beckmann[1]) konstruirte Thermometer, welches ebenso wie das Walferdin'sche nur wenige Grade umfasst, und zwar gewöhnlich 5 bis 6 Grad. Die Skale ist in hundertstel Grade getheilt, sodass man bequem 0°,001 beobachten kann. Zwar hat auch schon im Jahre 1869 Scheurer-Kestner[2]) zu seinen kalorimetrischen Untersuchungen fein getheilte Walferdin'sche Thermometer benutzt und deren Verwendung empfohlen[3]); die weiteste Verbreitung hat jedoch das Walferdin'sche Prinzip in der von Beckmann angegebenen Form des Thermometers gefunden und zwar im Zusammenhang mit dem zum Zwecke der Molekulargewichtsbestimmung durch Gefrierpunktserniedrigung konstruirten Apparate. Dies Thermometer unterscheidet sich äusserlich von den im Vorhergehenden aufgeführten metastatischen Instrumenten, welche sämmtlich Stabthermometer sind, erstens dadurch, dass es ein Einschlussthermometer ist, welche Art von Thermometern der bequemeren Ablesung wegen in Deutschland bevorzugt wird; zweitens ist das Instrument zwischen Gefäss und Anfang der Skale mit einem längeren Halse versehen, sodass also das Thermometer nur bis zum Anfang der Skale in den Apparat eingetaucht zu werden braucht, und somit der ganze Skalenumfang ausgenutzt werden kann (Fig. 8). Der wesentlichste und charakteristische Unterschied dieses Thermometers gegen das Walferdin'sche liegt jedoch drittens in der Form der Erweiterung am oberen Ende der Kapillare. Während bei den anderen Instrumenten das Hülfsreservoir birnenförmig war und auch wohl noch eine kleine sackartige Ausbuchtung hatte, ist von Beckmann das Quecksilberreservegefäss zu einer Schleife ausgeformt worden (Fig. 9). Hierdurch ist eine unbeabsichtigte Vereinigung des Quecksilbers beinahe gänzlich ausgeschlossen. Denn einerseits kann das abgetrennte Quecksilber nicht von selbst in die Kapillare eintreten, andererseits kann auch der Quecksilberfaden nie das abgetrennte Quecksilber erreichen. Der Quecksilberfaden wird wohl, wenn man mit einer für niedere Temperaturen passenden Füllung gearbeitet hat, bei Erwärmung auf höhere Temperaturen in das Reservegefäss eintreten, er wird sich jedoch bei der gewählten Form und Grösse der Erweiterung ohne grosse Erschütterung niemals mit dem übrigen Quecksilber vereinigen. In Folge dessen kann man jederzeit mit derselben Füllung die angefangenen Untersuchungen fortsetzen. Beabsichtigt man jedoch eine andere Füllung, so ist es nur nöthig, das Thermometer soweit zu erwärmen, dass der Faden in die Erweiterung eintritt, und dann das Instrument mit einem kurzen Ruck umzukehren. Dadurch wird sich das Reservequecksilber mit dem Faden vereinigen. Wenn dann durch Erwärmung oder Abkühlung des Thermometers auf etwa 2 Grad über die später zu messende Temperatur die neue Füllung erreicht ist, kann durch seitliches Anklopfen an das vertikal gehaltene Instrument das überflüssige Quecksilber wieder leicht abgetrennt werden.

Fig. 8.



Fig. 9.

[1]) E. Beckmann, Ueber die Methode der Molekulargewichtsbestimmung durch Gefrierpunktserniedrigung. *Zeitschr. f. Physikalische Chemie* **2.** *S. 638. 1888.*

[2]) Scheurer-Kestner, *Correction à apporter aux lectures des thermomètres métastatiques. Compt. rend.* **121.** *S. 553. 1895.*

[3]) Derselbe, *Compt. rend. 1869.*

Der Werth eines Skalengrades des Beckmann'schen Thermometers muss natürlich erst durch Vergleichung mit einem Normalthermometer ermittelt werden; ebenso ist, wenn man absolute Temperaturmessungen ausführen will, bei einer gewissen Quecksilberfüllung erst die genaue Temperaturbestimmung eines Skalenpunktes erforderlich. Für kalorimetrische und andere derartige Untersuchungen jedoch, bei denen es sich nur um genaue Bestimmung von Temperaturdifferenzen handelt, ist nur eine *einmalige* genaue Gradwerthbestimmung nöthig, um daraus die Gradwerthe für alle Temperaturen zwischen — 37° und + 300° berechnen zu können.

Bekanntlich ändert sich der Gradwerth mit der Menge des im Gefässe befindlichen Quecksilbers. Hierauf machte auch Beckmann in seiner oben erwähnten Veröffentlichung aufmerksam, indem er jedoch zugleich mit Recht hinzufügte, dass bei den dort in Betracht kommenden Verhältnissen die Korrektionen für die mit der Menge des abgetrennten Quecksilbers etwas veränderlichen Gradwerthe überflüssig seien. Da er nämlich damals für die Molekulargewichtsbestimmung die Gefrierpunktsmethode anwandte und hierzu als Lösungsmittel Eisessig, Benzol und Wasser in den Temperaturen von 16° bis etwas unter 0° benutzte, so betrug die Veränderung der Gradwerthe nur etwa 0°,003. Für den Gebrauch des Thermometers in höheren Temperaturen, z. B. bei der ebenfalls von Beckmann[1]) angegebenen Siedepunktsmethode in Temperaturen bis über 200°, darf die Gradwerthsänderung jedoch nicht vernachlässigt werden. Da nun eine direkte Bestimmung in den höheren Temperaturen nicht leicht auszuführen ist, weil nur Wenigen derart genaue Normalthermometer und so konstante Temperaturbäder zur Verfügung stehen, dass die Gradwerthe auf einige tausendstel Grade genau ermittelt werden können, so soll für den allgemeineren Gebrauch des Beckmann'schen Thermometers im Folgenden eine kleine Berechnung der Korrektionen zusammengestellt werden.

In der schon früher erwähnten Arbeit hat Scheurer-Kestner den in Folge der veränderten Quecksilberfüllung bei metastatischen Thermometern entstehenden Fehler hergeleitet und bemerkt hierbei, dass der zur Berechnung der Korrektionen nothwendige scheinbare Ausdehnungskoëffizient des Quecksilbers wohl von der Glasart abhängig, aber doch wenig verschieden sei. Wenn nun auch der scheinbare Ausdehnungskoëffizient des Quecksilbers im Glase an und für sich nicht so unerheblich variirt, denn er beträgt in dem von Scheurer-Kestner verwendeten Glase $^1/_{6480}$, im Jenaer Glas $16^{III} = {}^1/_{6370}$ und im Jenaer Glas 59^{III} nur $= {}^1/_{6080}$, so ist doch der *Unterschied* der aus diesen verschiedenen Koëffizienten berechneten Gradwerthkorrektionen belanglos, da derselbe bei 200° nur 0°,002 erreicht. Ausser diesen Korrektionen ist aber auch noch zu berücksichtigen, dass das Quecksilber im Glase sich nicht gleichmässig ausdehnt, und dass diese Ungleichmässigkeit ausserdem in den verschiedenen Glassorten verschieden ist.

Zum Zwecke der besseren Uebersichtlichkeit will ich die Gradwerthänderungen, auch soweit sie in Folge der Veränderung der Quecksilberfüllung entstehen, nicht in der von Scheurer-Kestner gewählten Form, sondern gleich an einigen Zahlenbeispielen erläutern.

---

[1]) E. Beckmann, Zur Praxis der Bestimmung von Molekulargewichten nach der Siedemethode. *Zeitschr. f. Phys. Chemie* **8.** *S. 223. 1891.* Der Verfasser weist in beiden angeführten Arbeiten darauf hin, dass die Firma F. O. R. Götze in Leipzig die Anfertigung des Thermometers, sowie des ganzen Apparates übernommen hat. Im Uebrigen sind solche Thermometer schon mehrfach auch von anderen Fabrikanten zur Untersuchung eingereicht und von der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt, Abth. II., mit Prüfungsscheinen versehen worden.

Der Ausdehnungskoëffizient für Quecksilber im Jenaer Glas 16^{III} ist $^1/_{6370}$ (0,000157). Setzt man nun bei 0° Temperatur den Inhalt des Gefässes bis zum Anfang der Skale gleich 6370° und erwärmt das (Beckmann'sche) Thermometer um 1°, so werden sich (angenommen, dass die Skale bei 0° und 1° richtig eingestellt ist) die 6370° Quecksilber um 6370 × $^1/_{6370}$ ausdehnen, d. i. um 1,000. Die Erhöhung der Temperatur um 1° sei an einem aus derselben Glasart verfertigten Quecksilbernormalthermometer gemessen, dessen Angaben wohl für Kaliber, Gradwerth und Eispunkt korrigirt, aber noch nicht auf das Gasthermometer reduzirt sind. Werden für den Gebrauch des Thermometers im Temperaturintervall (45° bis 50°) von der Quecksilbermenge 45° abgetrennt, so dehnen sich die verbliebenen 6325° um 6325/6370 aus, d. i. um 0,993. Für das Intervall (95° bis 100°) beträgt die Ausdehnung 6275/6370 = 0,985, für (145° bis 150°) 6225/6370 = 0,977 u. s. w. Dies sind die in Folge der veränderten Quecksilberfüllung theoretisch sich ergebenden Ausdehnungswerthe. In Wirklichkeit wird man jedoch meistentheils einen anderen Anfangswerth finden, weil es schwer ist, die Skale eines Thermometers absolut richtig einzustellen. Findet man nun bei einer Vergleichung des Beckmann'schen Thermometers mit dem vorhin erwähnten Normalthermometer bei 5°, dass ersteres Instrument z. B. statt 5,000 nur 4,985, d. h. anstatt 1,000 nur 0,997 Skalengrade anzeigt, so sind nach diesem beobachteten Werthe die vorhin berechneten Ausdehnungswerthe umzurechnen. Dies geschieht einfach dadurch, dass man —0,003 als konstante Differenz anbringt. Nun ist noch nöthig, diese, wie oben hervorgehoben wurde, auf die Angaben eines Quecksilbernormalthermometers bezogenen Werthe auf das Gasthermometer zu reduziren. Hierzu ist folgende Ueberlegung nothwendig. Hätte man das Beckmann'sche Thermometer, nachdem der Nullpunkt in Eis bestimmt war, anstatt mit einem Quecksilberthermometer bei der Temperatur 5°,000 mit einem Wasserstoffthermometer verglichen, so würde das metastatische Instrument nicht 4,985, sondern 5,016 gezeigt haben, weil es in diesem Falle bei einem grösseren Temperaturintervalle verglichen worden wäre, denn 5°,000 des Wasserstoffthermometers ist = 5°,031 eines Quecksilberthermometers aus Jenaer Glas 16^{III}. Natürlich hätte anstatt (0° bis 5°) ebenso gut jedes andere Temperaturintervall zur direkten Bestimmung des Skalenwerthes benutzt werden können. Es ist jedoch dies Intervall gewählt worden, weil die Bestimmung des unteren Punktes in Eis leicht und fehlerfrei ausgeführt werden kann. Es kann also nur während der Vergleichung des oberen Skalenpunktes bei 5° ein Fehler entstehen, welcher sich jedoch, weil man den Gradwerth nachher für 1° berechnet, auf den fünften Theil reduzirt.

Für eine Temperaturerhöhung um 1° C. würde also das Beckmann'sche Thermometer in dem Intervall (0° bis 5°) eine mittlere Standerhöhung von 1°,003 gezeigt haben, oder anders ausgedrückt, im genannten Temperaturintervall würde im Mittel 1°,000 dieser Skale (mittlerer Gradwerth [0° bis 5°]) gleich 0°,997 C. sein.

In dem Temperaturintervall (45° bis 50°) kommt die Differenz der Gaskorrektionen des unteren und des oberen Skalenpunktes ($Gc_u - Gc_o$), d. i. ($Gc_{45} - Gc_{50}$) in Betracht, u. s. w.

Für das im Vorigen angeführte Beispiel zur Berechnung der Gradwerthe eines Beckmann'schen Thermometers würde sich eine kleine Tabelle etwa folgendermassen zusammenstellen lassen:



Temperatur-intervall Grad	Mittlere Ausdehnung	Konstanter Fehler, s. B.	(Gaskorrektion des unteren Punktes — Gaskorrektion des oberen Punktes) : 5	Wirkliche Ausdehnung	Werth eines Skalengrades in Grad C.
(−35, −30)	1,005	−0,003	$\frac{+0{,}40-(+0{,}32)}{5}=+0{,}016$	1,018	0,982
(0, 5)	1,000	−0,003	$\frac{0-(-0{,}031)}{5}=+0{,}006$	1,003	0,997
(45, 50)	0,993	−0,003	$\frac{-0{,}119-(-0{,}116)}{5}=-0{,}001$	0,989	1,011
(95, 100)	0,985	−0,003	$\frac{-0{,}016-0}{5}=-0{,}003$	0,979	1,021
(145, 150)	0,977	−0,003	$\frac{+0{,}095-(+0{,}098)}{5}=-0{,}001$	0,973	1,027
(195, 200)	0,969	−0,003	$\frac{-0{,}007-(-0{,}038)}{5}=+0{,}006$	0,972	1,028
(245, 250)	0,962	−0,003	$\frac{-0{,}546-(-0{,}632)}{5}=+0{,}017$	0,976	1,024

Man sieht also, dass für Messungen von Temperatur-Differenzen in dem Walferdin-Beckmann'schen Thermometer ein sehr genaues und bequemes Instrument gegeben ist. Denn ausser einer Kalibrirung ist nur eine einzige Gradwerthbestimmung nöthig, um daraus alle übrigen Gradwerthe auf leichte Weise berechnen zu können, da sowohl die Ausdehnungskoeffizienten[1]), als auch die Gaskorrektionen[2]) für die gebräuchlichsten Glasarten bekannt sind.

Schliesslich sei noch in Betreff der Korrektion für den herausragenden Faden bemerkt, dass dieselbe wohl in vielen Fällen vernachlässigt werden kann; denn einerseits handelt es sich bei dem Gebrauche des Beckmann'schen Thermometers ja stets um Messung von Temperaturdifferenzen, wobei in den niederen Temperaturen eine Fadenkorrektion wegen ihrer geringen Grösse garnicht in Betracht kommt, weil anzunehmen ist, dass der Faden in seiner *ganzen* Länge nahezu Zimmertemperatur haben wird, andererseits könnte dieselbe bei 100° nur etwa bis $0^\circ{,}005$ pro Grad des herausragenden Fadens betragen.

Charlottenburg, im Mai 1896.

Quecksilber-Normalbarometer ohne Fernrohrablesung.

Von

K. Prytz.

Die Ablesung der Barometerhöhe mittels Fernrohrs kann durch die folgenden Umstände unsicher gemacht werden:

1. die Lichtbrechung in den Glaswänden,

2. die von der Spiegelung des Hintergrundes in der Quecksilberoberfläche herrührende Schwierigkeit der Einstellung des Fadenkreuzes auf die Kuppe,

---

[1]) Vergl.: *Wissenschaftl. Abhandl. der Physik.-Techn. Reichsanstalt* ***1.*** *S. 70. 1894; diese Zeitschrift* ***15.*** *S. 83. 1895.*

[2]) Dr. K. Scheel, Tafeln zur Reduktion der Ablesungen an Quecksilberthermometern aus *verre dur* und den Jenaer Gläsern 16^{III} und 59^{III} auf die Wasserstoffskale, *Zeitschr. f. d. Glasinstrumenten-Industrie* ***5.*** *Nr. 4. 1896* und Fr. Grützmacher, Ueber die Beziehung der Angaben des Luftthermometers zu denen des Wasserstoffthermometers, *ebenda Nr. 8.*

3. durch die Thatsache, dass die Fernrohrablesung sich nur schwer mit dem Anbringen des Barometers in einem Flüssigkeitsbade vereinigen lässt, wodurch eine Unsicherheit in der Temperaturbestimmung leicht erfolgen kann.

Um von diesen Mängeln frei zu werden, habe ich das Barometer in folgender Weise eingerichtet. Der offene Schenkel ef (Fig. 1) ist aufwärts über das Niveau der inneren Quecksilberoberfläche verlängert. Der andere Schenkel, in dem eine Glasspitze s festgeschmolzen ist, setzt sich in die von mir früher konstruirte Fall-Luftpumpe[1] ah fort. Von der Verbindungsröhre der beiden Schenkel aus geht eine mit einem stählernen Hahn verbundene Röhre nach unten. Der Hahn ist mit einem Behälter x durch eine biegsame Stahlröhre verbunden. Die Kugel k enthält Phosphorsäureanhydrid.

Fig. 1.

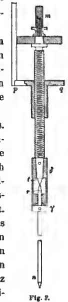


Fig. 2.

Die beiden Schenkel werden an einem starken Brett befestigt; durch oben und unten ausgeschnittene Fenster werden die Quecksilberoberflächen sichtbar. Das Brett wird in unveränderlicher Lage so befestigt, dass die Röhre ef senkrecht steht.

Das Prinzip der Messung ist folgendes. Vor dem Evakuiren des geschlossenen Schenkels füllt man das ganze U-Rohr bis zur Spitze s mit Quecksilber an und ermittelt dadurch denjenigen Punkt im offenen Schenkel, welcher genau in derselben Höhe wie die Glasspitze s des geschlossenen Schenkels liegt. Beim Gebrauche, nach dem Evakuiren des Barometers mittels der Pumpe, bringt man jedesmal die innere Quecksilberoberfläche in Berührung mit der Glasspitze s und misst dann mittels einer Messstange rn die Höhendifferenz zwischen dem ein für alle Mal auf hydrostatischem Wege gefundenen Punkte und der äusseren Quecksilberoberfläche, indem man das untere Ende der Messstange in Kontakt mit dieser Fläche bringt. In dieser Weise entgeht man jeder Ablesung mittels Fernrohrs, und man gewinnt die Möglichkeit, ohne die Höhenablesung unsicher zu machen, das ganze Barometer im Flüssigkeitsbade unterzubringen und so die Temperatur vollkommen sicher bestimmen zu können.

Am Schenkel ef ist oben eine Messingfassung[2] festgekittet; auf dieser ruht immer in derselben Lage die Mutter pq einer stählernen Mikrometerschraube mt (Fig. 2). Diese Schraube ist unten zugespitzt, und die unten zugespitzte stählerne Messstange rn kann mittels eines Verbindungsstücks δ an der Schraube festgespannt werden.

Während noch kein Quecksilber in der Pumpe ist, sodass man überall den Atmosphärendruck hat, werden die beiden Schenkel, wie oben erwähnt, mit Queck-

[1]) *Wied. Ann.* **42.** *S. 191. 1891.*

[2]) Da das Quecksilber von unten aus zugeführt wird, kommt es nie mit der Fassung in Berührung.

silber so weit gefüllt, dass die innere Oberfläche genau die Glasspitze *s* berührt. Die Mikrometerschraube von welcher die Messstange vorläufig getrennt ist, wird so weit hinabgeführt, dass ihre Spitze die Quecksilberoberfläche im offenen Schenkel eben berührt, und die Stellung abgelesen. *In dieser Stellung, der Nulllage der Mikrometerschraube, welche nachher zu jeder Zeit durch die Mikrometertheilung wiedergefunden werden kann, befinden sich also die Glasspitze s und die Schraubenspitze t genau in derselben Höhe.* Man hat so den oben erwähnten Ausgangspunkt für die Höhenmessung markirt.

Um die Unveränderlichkeit der gegenseitigen Lage der beiden Schenkel kontroliren zu können, ist der Knopf *y* an der Verbindungsröhre zwischen Barometer und Pumpe angeschmolzen. Ueber *p q* wird eine Spiegelglasplatte angebracht; eine metallene Brücke *B* wird über *y* und über die Platte, wo sie mit zwei Stellschrauben ruht, gestellt. Zwei Libellen werden, die eine auf die Glasplatte, die andere auf die Brücke gesetzt. Die Stellschrauben der letzten verstellt man so lange, bis die beiden Libellen gleichzeitig horizontal stehen; die erste giebt die senkrechte Lage der Röhre *e f* an, durch die andere erfährt man, inwieweit die gegenseitige Lage der Schenkel unveränderlich bleibt.

Jetzt wird das Quecksilber durch Saugen bei *d* in die Fallröhre der Pumpe hinübergeführt, indem *d* mit der Wasserluftpumpe oder mit einem evakuirten Ballon verbunden wird, während *c* sich in einer abwärts geführten, ungefähr 760 *mm* langen Röhre zum Abfluss des Quecksilbers fortsetzt. Die Fallpumpe kommt in Thätigkeit und wird so lange im Gange gehalten, bis ein befriedigendes Vakuum erreicht ist. Dies erkennt man theils durch den metallischen Klang in der Fallröhre, theils durch die elektrischen Entladungserscheinungen mit Hülfe zweier Platindrähte α und β, welche oben in der Pumpe eingeschmolzen sind. Man bringt es ohne Schwierigkeit dahin, dass keine elektrische Entladung innerhalb der Röhre zwischen α und β übergehen kann; dadurch kann man auch bei späterem Gebrauch zu jeder Zeit das Vakuum prüfen.

Nun senkt man den Behälter *x*, um die innere Oberfläche in die Nähe der Spitze *s* zu bringen. Die Messstange ist unten zugespitzt, oben hat sie eine kleine spiegelnde Abplattung. Sie wird in das an der Mikrometerschraube befestigte Verbindungsstück δ so weit hineingeschraubt, dass die Spitze der Schraube eben die Abplattung der Stange berührt, was man durch Spiegelung unter dem Mikroskop konstatirt, und sie wird in dieser Lage durch eine zwischen δ und der auf der Stange befestigten Scheibe γ angebrachte starke Sternfeder festgehalten. Die Länge *L* der Stange und die Höhe *h* des Schraubenganges sind möglichst genau ausgemessen.

Um die Barometerhöhe zu messen, stellt man durch Heben oder Senken des Behälters *x* die innere Oberfläche auf die Glasspitze *s* ein und dann (oder gleichzeitig, wenn zwei Beobachter vorhanden sind) durch Drehen der Mikrometerschraube die Spitze der Messstange auf die äussere Oberfläche. Nachher liest man die Mikrometertheilung λ ab. Ist die Nulllage (s. oben) dieser Schraube gleich λ_0, so wird die Barometerhöhe

$$H = L + (\lambda - \lambda_0)\, h.$$

An der Nulllage ist für Temperaturänderungen eine sehr kleine Korrektion anzubringen; sie hängt von der Höhe des oberen Randes der Röhre *e f* über der Spitze *s* und von der Differenz zwischen den Ausdehnungskoëffizienten des Stahles und des Glases ab. Uebrigens sind die Korrektionen die gewöhnlichen.

Nach dem Fertigmachen des Barometers kann man es zu jeder Zeit, wenn nöthig, aufs Neue auspumpen, ohne irgend eine Veränderung vorzunehmen, indem

man nur den Behälter x so weit emporhebt, dass das Quecksilber in die Pumpe übertritt.

Die Mikrometerschraube meines Barometers wurde in ganz vorzüglicher Weise in der Werkstatt der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt während eines Besuches, den ich der Anstalt im Sommer 1895 abstattete, ausgeführt. Die Glastheile des Barometers sind von Herrn Franz Müller in Bonn gefertigt.

Physikalisches Laboratorium der Polytechnischen Lehranstalt, Kopenhagen.

Referate.

Pendelmessungen.

Von Defforges. *Mémorial du Dépôt Général de la Guerre 15. 191 S. m. 4 Taf.*

Die Abhandlung besteht aus 3 Theilen, nämlich 1. Ueber absolute Schweremessungen, 2. Ueber relative Schweremessungen. 3. Ueber Schwerestörungen auf der Erdoberfläche.

Im ersten Theile wird, nach einigen allgemein orientirenden Bemerkungen, eine mathematische Behandlung der Störungen wiedergegeben, die ein Pendel durch das umgebende Medium erleidet, durch das Rollen und Gleiten (*glissement*) der Schneide, und durch das Mitschwingen von Stativ und Unterlage. Neu dürften dabei die Studien über das Gleiten sein, ein Gegenstand, dem Defforges sein besonderes Interesse zugewandt hat.

Im Abschnitt: *Exposé de la méthode* führt er, die Bessel'sche Methode ergänzend, aus, dass bei der vom *Service géographique de l'armée* angewandten Methode auch der Einfluss der Unterlage und des Gleitens eliminirt worden kann, indem man nämlich zwei Pendel von *gleichem Gewicht und verschiedener Länge bei gleicher Amplitude auf demselben Stativ mit denselben Schneiden* schwingen lässt.

Der nächste Abschnitt bringt die Beschreibung des ganzen Apparates, der von Brunner, zum Theil nach Repsold's Vorgange, gearbeitet worden ist; im Ganzen gelangten 4 Pendel zur Verwendung, allerdings nicht immer jedes auf jeder Station; sie hatten folgende Längen und Gewichte:

Pendel I	1,00 *m*	5200 *g*
„ II	0,50 „	5200 „
„ III	0,50 „	3200 „
„ IV	0,25 „	2300 „

Die absoluten Pendel hatten die nebenstehende Form (vgl. d. Figur): die Stangen sind Messingröhren von 3 *cm* Durchmesser und 3 *mm* Wandstärke; die Schneiden sind aus Achat; die Schwerpunktsverlegung geschieht durch Anschrauben von geeignet geformten Silberkörpern im Innern der Röhren; äusserst genaue Symmetrie in der Gestalt ist gewahrt worden.

Das Pendel zu relativen Messungen besteht aus einer massiven Bronzestange mit schmalem, rechteckigen Querschnitt; an den Enden befinden sich Hohlzylinder, von denen einer mit einem blossen Deckel, der andere dagegen mit einem Deckel verschraubt wird, an dem noch ein Silbergewicht befestigt ist.

Die Beobachtung der Koïnzidenzen geschieht nach dem Vorgange der älteren Beobachter ohne Benutzung eines elektrischen Uhrkontaktes; zu dem Zwecke befindet sich im Uhrpendel ein Spalt; dicht vor dem Schwerependel wird ein zweiter angebracht und von diesem sowie von der Spitze des Schwerependels wird durch ein Objektiv ein Bild in der Ebene des Spaltes im Uhrpendel erzeugt; diese beiden Bilder und der Spalt im Uhrpendel werden durch ein vor diesem aufgestelltes Mikroskop beobachtet; im Moment der Koïnzidenz deckt das Schwerependel beide Spalte.

Der Schneidenwinkel beträgt 120°.

Eigenthümlich sind die Nebenapparate zur Messung des Mitschwingens und des Gleitens. Ersteres wird sichtbar gemacht und gemessen durch die Bewegung von Interferenzstreifen, entstanden durch zweimalige Reflexion einfarbigen Lichtes zwischen 2 Glasplatten, von denen die eine an der Schneidenunterlage befestigt ist, während die zweite davon völlig unabhängig ist; für das Gleiten ist nahe bei der Schneidenunterlage und in fester Verbindung mit dieser ein kleiner Galgen errichtet, der an einem dünnen Metallfaden eine oben polirte Stahlgabel trägt, sodass sie dicht bei ihrem Schwerpunkt getragen und mit ihren Zinken bei einem geringen Uebergewicht von einigen Gramm gegen die über die Unterlage hinausragenden Schneiden gedrückt wird; ihr anderes Ende trägt eine dritte, vertikalstehende Glasplatte und die (horizontalen) Bewegungen der Gabel, die nach Defforges dieselben sind, wie die der Schneidenkanten, werden in analoger Weise sichtbar gemacht wie vorhin beim Mitschwingen; die zugehörige (vierte) Glasplatte ist in fester Verbindung mit der Schneidenunterlage, befindet sich aber im Gegensatze zur ersten Glasplatte in einer immerhin bemerkenswerthen Entfernung von den Schneiden. Eine Bewegung der Interferenzstreifen zwischen der dritten und vierten Glasplatte soll nur dann entstehen, wenn zwischen den Schneiden und deren Unterlage eine Verschiebung, d. h. eben *glissement* stattfindet. Beobachtungen und Konstantenberechnungen werden nicht mitgetheilt, die Konstante des *glissement* wird ohne Begründung eingeführt. Bewegungen zwischen der dritten und vierten Glasplatte kann man sich ungesucht auch auf andere Weise als durch *glissement* entstanden denken. Referent vermisst desshalb in der Abhandlung den Nachweis:

1. dass das Mitschwingen in unmittelbarer Nähe der Schneiden identisch ist mit dem der vierten Glasplatte,

2. dass die Gabel derart an den Schneiden hafte, dass allein deren „Gleiten", und dies ganz, in der Bewegung der Interferenzstreifen erscheint.

Defforges sagt, der Apparat sei „*très délicat*" und erfordere die grösste Vorsicht.

Es folgen die Schwingungszeiten von Pendel I und II, dann die Reduktionen wegen Temperatur, Luftdruck und Amplitude, dann die Längenmessungen, die Bestimmungen der Schwerpunktslagen, endlich die Zusammenstellung der Schwingungszeiten der absoluten Pendel mit den entsprechenden Beträgen für die Schwere g an den verschiedenen Stationen.

Station	g	Höhe
Nizza	9,80528 *m*	367 *m*
Breteuil	9,80998 „	70 „
Greenwich	9,81257 „	48 „
Paris	9,80999 „	60 „
Rosendaël	9,81228 „	20 „
Algier	9,79961 „	213 „
Marseille	9,80540 „	61 „
Rivesaltes	9,80176 „	25 „

Für *relative Messungen* zieht Defforges ein umkehrbares Pendel mit 2 Schneiden den jetzt allgemein gebrauchten einschneidigen „invariabeln" Pendeln vor, der Elimination gewisser Störungen wegen; den Umtausch der Schneiden vermeidet er, um die Unveränderlichkeit ihres Abstandes zu wahren; er bringt die bei absoluten Messungen eintretende Verschiebung des Schwerpunktes dadurch hervor, dass gewisse Ansätze von identischer Gestalt aber von wesentlich verschiedener Masse mit einander vertauscht werden (*pendule réversible inversable*). Wie bei den absoluten Messungen wendet er auch hier nicht den aus den Veränderungen der Schwingungszeiten mit der Temperatur folgenden, empirischen Koëffizienten an, sondern den der linearen Ausdehnung des Metalles entsprechenden. Die Pendel schwingen auch auf der Station in einem hermetisch verschlossenen Raume bei 10 *mm* Quecksilberdruck. Invariabilität von einer Station zur andern wird von ihm nur noch in Bezug auf die Lage der Schwingungszentra und auf das Rollen der Schneiden auf ihrer Unterlage beansprucht, sie wird kontrolirt durch die Konstanz der Unterschiede der Schwingungszeiten

in den vier verschiedenen Stellungen des Pendels, zwei durch Vertauschen der Schneiden und zwei durch Umsetzen der vertauschbaren Gewichte von identischer Gestalt. Auf 28 Stationen in Schottland, England, den Niederlanden, Frankreich und Algier, die er und Herr **Bourgeois** in den Jahren 1890, 91, 92 absolvirt haben, ist die Invariabilität in befriedigender Weise gewahrt geblieben; die grösste positive Abweichung beträgt 14, die grösste negative 16 Einheiten der 7. Dezimale der Zeitsekunde. Es folgt dann eine kurze Beschreibung des Apparates für die relativen Messungen, sowie Mittheilungen über Beobachtungsart, dann die Beobachtungen der Schwingungszeiten, endlich die Tabelle der daraus folgenden Schweren (*S. 175* und *177*).

Im 3. Theile: *Essai d'une étude de la répartition de la pesanteur à la surface du globe* werden alle vom *Service géographique* angestellten Schweremessungen, im Ganzen 35 Stationen, zusammengestellt; nach ihrer Reduktion auf das Meeresniveau und für „topographische Anziehung" werden sie mit **Clairaut**'s Formel

$$g_\varphi = g_{\text{Aequator}} + (g_{\text{Pol}} - g_{\text{Aequator}}) \cdot \sin^2\varphi \qquad [\varphi = \text{Polhöhe}]$$

verglichen, die Reste werden getrennt gegeben für Binnenlandstationen, Nordsee und Mittelmeer; alle Reste (im Sinne Beobachtung minus Rechnung) der beiden letzten Arten sind positiv, die der ersten überwiegend negativ, was mit anderweiten Beobachtungsreihen in Uebereinstimmung ist.

Um ein Bild von der Vertheilung dieser Reste zu geben, sei hier nur erwähnt, dass sie für eine mittlere Dichtigkeit der oberen Schichten der Erde liegen bei Stationen

auf dem Kontinent	zwischen	− 0,00129	und	+ 0,00032 *m*
am Ufer der Nordsee	„	+ 0,00015	„	+ 0,00054 „
am Mittelmeer und auf Inseln	„	+ 0,00018	„	+ 0,00112 „

Weiter vergleicht er seine Resultate mit denen, die an gleicher Station von anderen Beobachtern erhalten wurden; er konstatirt Unterschiede systematischer Art, die zum Theil eine Einheit der 3. Dezimale in der Schwere überschreiten.

Zuletzt formulirt er die Schlüsse, zu denen ihn seine Studie berechtigt; es sind dies folgende: Die Schwere ist sehr ungleich auf der Erde vertheilt; das **Clairaut**'sche Gesetz, im Ganzen richtig, wird fast überall durch beträchtliche, örtliche Anomalien verdeckt. Die Meeresufer sind durch geringere, konstante Anomalien gekennzeichnet, die sich aber von Meer zu Meer ändern. Die Inseln zeigen beträchtliche Schwereüberschüsse. Auf den Kontinenten ist die Schwere zu klein, der Fehlbetrag wächst im Allgemeinen mit der Höhe über dem Boden und mit dem Abstande vom Meere.

Diese Schlüsse decken sich im Wesentlichen mit denen anderer Forscher auf dem vorliegenden Gebiete. *Sn.*

Neuerungen am Prytz'schen Planimeter.

Engineering ***61.*** *S. 167. 1896.*

In einer Sitzung der Londoner Physikalischen Gesellschaft hat E. **Scott** kürzlich einige Verbesserungen an dem gewöhnlichen „*Hatchet-Planimeter*" oder „*Stang-Planimeter*" angegeben (vgl. *diese Zeitschrift* ***15.*** *S. 90. 1895*). Um das Einschneiden der zu scharfen Beilschneide in das Papier und das seitliche Gleiten der zu stumpfen Schneide zu vermeiden, kann ein *Rad* mit mässig scharfer Kante verwendet werden. Um eine seitliche Neigung des ganzen Instruments unmöglich zu machen, ist ferner die Fahrspitze ersetzt durch eine kleine Platte von durchsichtiger oder halbdurchsichtiger Substanz, auf der ein Fahrpunkt angegeben ist und die gegen das Papier gepresst wird. Schliesslich kann die Messung der Entfernung zwischen der Anfangs- und Endstellung der Schneide mit Hülfe eines Messrädchens das unmittelbare Ablesen der Flächen ermöglichen, doch ist dies bei rundem Werth der Länge des Planimeters offenbar unwesentlich. In derselben Sitzung hat **Boys** noch darauf aufmerksam gemacht, dass das Aufrechthalten des Planimeters auch dadurch erreicht werden kann, dass man *zwei* Räder anwendet.

Solche Verbesserungen an dem einfachen Prytz'schen Instrument sind übrigens auch von anderer Seite angebracht worden, z. B. wird von dem Mechaniker E. Canonico in Turin angezeigt, dass von ihm das Instrument *„opportunamente modificato“* sei; ich kenne die Einrichtung bis jetzt nicht, vermuthe aber, dass ebenfalls ein Rad verwendet ist.

Dagegen erhielt ich vor kurzem von Eckert und Hamann in Friedenau-Berlin ebenfalls ein verbessertes Prytz'sches Planimeter zugesandt, das ich nach den von mir angestellten Probemessungen sehr empfehlen kann. Durch längern Gebrauch wird die Schneide an dem gewöhnlichen Instrument (wie es in *dieser Zeitschrift a. a. O.* abgebildet ist) rasch stumpf und das Resultat ungenauer, und es haben deshalb die genannten Mechaniker ebenfalls diese Schneide durch ein Rad, eine geschärfte, gehärtete Stahlrolle ersetzt, bei der eine merkliche Abnutzung kaum eintreten kann. Auch kann man bei diesem Instrument die während des Umfahrens einer Figur mit dem Fahrstift von dem auf dem Papier sitzenden Rollenrandpunkt beschriebene Kurve aufgezeichnet erhalten, indem ein Farbkissen den Rollenrand färbt. Zur Messung des Abstands zwischen Anfangs- und Endstellung des Rades ist dabei dann kein Andrücken der Rolle nothwendig; gerade in den Rückkehrpunkten, auf die es ankommt, zeichnet der Rollenrand sehr scharf. Zur bequemen Führung ist das Instrument mit Führungsgriff und Stütze gegen Seitenneigung versehen.

Dieselben naheliegenden Verbesserungen werden sich wohl auch noch Andern bei der Benutzung der Prytz'schen Planimeter aufgedrängt haben. Der Preis des Instruments wird durch sie kaum erhöht, z. B. ist er für das Planimeter von Eckert und Hamann 15 M. *Hammer.*

Neue Form eines Sphärometers.

Von G. Guglielmo. *Rend. Accad. dei Linc.* (5) **4.** *[2]. S. 336. 1896.*

Die bewegliche Spitze des Sphärometers sitzt auf einem in einer Röhre laufenden Kolben auf; die vertikale Verschiebung der Spitze wird gemessen durch die Menge Flüssigkeit, die unter den Kolben eintreten muss, um denselben um die zu messende Dicke zu heben. *Schl.*

Ueber die Anwendung von Schwimmern zur Messung des Niveaus einer Flüssigkeit.

Von G. Guglielmo. *Rend. Accad. dei Linc.* (5) **4.** *[2]. S. 207. 1896.*

Als geeignetste Form der Schwimmer schlägt der Verfasser eine zylindrische oder sphärische leichte Kapsel mit einem horizontalen scharfen Rande vor, welche auf einer unten geschlossenen Röhre aus Glas, Messing oder Aluminium aufsitzt. Dieselbe wird soweit belastet, dass der horizontale Rand gerade mit der Flüssigkeitsoberfläche zusammenfällt. Ein solcher Schwimmer soll den Vortheil haben, sich nicht an die Wandungen des Gefässes zu ziehen, und sich stets horizontal und zwar auf den scharfen Rand einzustellen.

Schl.

Neue Apparate zur Mechanik der Flüssigkeiten.

Von Hans Hartl. *Zeitschr. f. d. phys. u. chem. Unterr.* **8.** *S. 204. 1895.*

Ein elastisches Häutchen *m* (Fig. 1) wird über den Rand des glockenförmigen Glasgefässes *a* gespannt und durch den Messingring *r* festgehalten. In die beiden einander gegenüberliegenden Fortsätze *p* des Ringes sind Löcher eingebohrt, in denen zwei wagerechte Stifte, die Enden der Messingstreifen *g g*, sitzen. Diese Streifen sind oben verstärkt, zweimal rechteckig gebogen und mit den oberen Theilen *A* zusammengelöthet. Die Stifte bilden eine Achse, um die der Ring *r* leicht drehbar ist. Diese Achse ist der Nullpunkt der Zentimetertheilung, die auf *A* angebracht ist. An den Messingring *r* ist ferner eine Platte *t* angegossen, auf die das Gusstück *u* mit dem Arme *n* angeschraubt ist. An *n* ist die Skale *s* befestigt; *u* trägt die Achse *o* des Zeigers *Z*, der durch ein kleines Gelenkstück mit einem Scheibchen verbunden ist, das auf die Mitte des Häutchens *m* aufgekittet ist. Die Zeiger-

vorrichtung ist in Bezug auf die Achse *o* äquilibrirt. Der Messingstab *A* kann in beliebiger Höhe mittels der Klemmschraube *v* (Fig. 1a) in der Führung *k* festgeklemmt werden, die auf dem Messingstege *h* angebracht ist. Der Steg wird mittels der Schraube *w* auf dem Rande des prismatischen Glasgefässes *G* ($25 \times 15 \times 40$ *cm*) festgeklemmt. Das Gefäss *G* ist in der Fig. 1 nur angedeutet, ebenso das Wasser, das etwa bis *c* reichen sollte. An den Hals des Glasgefässes *a* ist durch den Gummischlauch *S* die Glasröhre *R* angesetzt, welche die Luft in *a* mit der Atmosphäre verbindet. Die Röhre *R* kann durch eine Klemme, die in der Figur nicht gezeichnet ist, an dem Stege *h* befestigt werden. *A* und *R* werden so festgeklemmt, dass das Häutchen *m* wagerecht liegt. Füllt man Wasser in *G* ein, so giebt der Zeiger an der Skale die Abhängigkeit des Druckes von der Tiefe der gedrückten Fläche unter dem Niveau an. Nun stellt man *A* so, dass das Niveau bei 25 *cm* steht, für diese Höhe geht die Achse *p* durch den Mittelpunkt der Pfeilhöhe des eingebogenen Häutchens, und liest die Zeigerstellung, etwa 7,5, ab. Nimmt man dann *R* aus seiner Klemme und dreht das Gefäss *a* um seine Achse *p* in alle möglichen Lagen, so beweist die unveränderte Stellung des Zeigers, dass der Druck sich nicht ändert, also von der Neigung des Häutchens gegen das Niveau unabhängig ist. Schüttet man in das Wasser Salze, welche sich darin leicht lösen, so kann man nachweisen, dass mit der Flüssigkeitsdichte der Druck wächst. Der Apparat wird von F. Ernecke in Berlin für 90 M. geliefert.

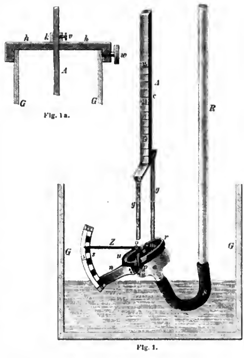


Fig. 1a.

Fig. 1.

Um die Anzeigevorrichtung aus dem Wasser in die Luft zu verlegen, hat Hartl dem Apparat eine andere in Fig. 2 dargestellte Form gegeben. Der Flüssigkeitsbehälter wird von zwei konzentrischen gusseisernen Zylindern *A* und *B* und zwei zwischen ihnen eingekitteten ringförmigen Platten aus starkem Glase gebildet und durch die Oeffnung *o*, welche durch einen versenkten Pfropfen verschliessbar ist, mit Flüssigkeit gefüllt. Durch eine Oeffnung im Mantel des inneren Zylinders ist der Glaszylinder *C* geführt und durch einen Filzring *n* abgedichtet. Ueber der inneren Oeffnung des Zylinders *C* ist das Häutchen *M* mittels des Messingrings *m* gespannt. Daran kann eine Zeigervorrichtung, die der in Fig. 1 abgebildeten ähnlich ist, angebracht werden, nur muss der Zeiger eine doppelte Biegung besitzen, da er über der vorderen Glasplatte auf der am Rande von *A* angebrachten Skale sich bewegen soll. In Fig. 2 ist die Zeigereinrichtung etwas anders durchgeführt. Eine kleine Zahnstange *s* ist bei *p* an dem Häutchen *M* befestigt. Die Zahnstange greift in das Zahnrädchen *r* ein, das mit dem Zeiger *Z* fest verbunden und in einem Arm gelagert ist, der am Messingring *m* sitzt, aber in der Figur nicht abgebildet ist. Die ganze Zeigervorrichtung ist in Bezug auf die Achse des Zahnrädchens äquilibrirt. An der hinteren Wand ist eine pendelnde Zentimeterskale (Fig. 3) angebracht, deren Drehpunkt den Nullpunkt der Skale bildet und in der Achse des Zylinders *B* liegt. Da die Skale durch das Gewicht *G*



stets lothrecht gestellt wird, so gestattet sie, das Niveau des Wassers abzulesen. Der Apparat wird bis zu einer bestimmten Höhe mit Wasser gefüllt und der Zylinder *C* so verschoben, dass der Mittelpunkt der Pfeilhöhe des ausgebogenen Häutchens in der Achse des Apparates liegt. Dreht man den Apparat auf der Stelle oder rollt man ihn über den Experi-

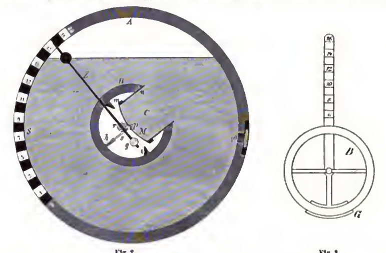


Fig. 2. Fig. 3.

mentirtisch, so bleibt das Niveau dauernd in der gleichen Höhe und der Zeiger stets in derselben Lage, während das Häutchen seine Stellung zum Niveau fortwährend ändert, wodurch die Unabhängigkeit des hydrostatischen Druckes von der Neigung der gedrückten Fläche gegen das Niveau nachgewiesen wird. *H. H.-M.*

Ueber die Schwingungen einer Stimmgabel in einem magnetischen Felde.

Von Maurain. *Compt. rend.* **121.** *S. 248. 1895.*

Der Verfasser ordnete bei seiner Untersuchung eine Stimmgabel in 3 verschiedenen Lagen in verschieden starken magnetischen Feldern an und bestimmte die jeweilige Aenderung der Schwingungszahlen durch Vergleichung mit einer zweiten, ausserhalb des Magnetfeldes befindlichen Stimmgabel. Für die ersten beiden Versuchsreihen wurde das magnetische Feld mittels eines grossen Ruhmkorff'schen Elektromagneten erzeugt. Die Achse der Stimmgabel war dabei senkrecht zur Richtung des magnetischen Feldes angeordnet; die Ebene der Zinken war so gerichtet, dass die Schwingungen entweder parallel oder senkrecht zur Feldrichtung erfolgten.

Das Ergebniss der ersten Beobachtungsreihe war eine Verminderung der Anzahl der Schwingungen bei zunehmender Feldstärke und zwar um 3,8% bei einer Feldintensität von 6350 *C.G.S.*-Einheiten. Aus der zweiten Beobachtungsreihe ergab sich eine Vergrösserung der Schwingungszahl um 0,75% bei einer Feldstärke von 6530 *C.G.S.*

Während der dritten Beobachtungsreihe befand sich die Achse der Stimmgabel parallel zur Richtung des Feldes; die Lage der Ebene der Zinken war dabei gleichgültig. Das magnetische Feld wurde von einer Stromspule erzeugt, in deren Innern die Gabel angeordnet war. Bei einer Feldstärke von 1090 *C.G.S.* wurde bei dieser Versuchsreihe eine Vergrösserung der Schwingungszahl um 0,28% festgestellt.

Bei der in der ersten Versuchsreihe angewandten Anordnung, welche die grösste Aenderung ergab, liess sich auch noch Hysteresis feststellen. Der Einfluss des magnetischen Feldes war nicht derselbe, wenn die Feldstärke um die gleichen Beträge zunahm oder ab-

nahm. Dieser Einfluss ist nach Ansicht des Verfassers nicht in der Stimmgabel selbst zu suchen, da die Schwingungen jedes Zurückbleiben der Magnetisirung verhindern müssten. Die Hysteresis kann entstehen durch eine Verzögerung in der Wirksamkeit des Magnetfeldes auf die Elastizität des Stahles oder durch Hysteresis in dem Eisenkern des Elektromagneten, vielleicht auch durch beide Ursachen zugleich.

Die Dämpfung der Schwingungen ist in starken Feldern in Folge des Entstehens von Foucault'schen Strömen sehr beträchtlich.

Maurain hat noch einige Versuche mit einem Messingstabe angestellt, welcher im Innern einer Magnetisirungsspule angeordnet war. Es liess sich aber kein Einfluss des magnetischen Feldes feststellen. Die Differenzen in den beobachteten Zahlen liegen innerhalb der Beobachtungsfehler. *Schn.*

Vertikal-Illuminator.

Von Ch. Fremont. *Compt. rend.* **121.** *S. 321. 1895.*

Um undurchsichtige Präparate (Metallflächen etc.) mit stärkeren Mikroskopobjektiven in auffallendem Licht beobachten zu können, muss man wegen des geringen freien Objektabstands dieser Objektive das Präparat durch das Objektiv hindurch beleuchten. Bei vorstehendem Instrument wird mittels eines seitlich am Mikroskop angebrachten Spiegels das Licht durch eine Oeffnung im Tubus auf einen innerhalb befindlichen, schräg zur Mikroskopachse stehenden Hohlspiegel geworfen und geht dann weiter, von einem Keil in die Richtung der Achse gelenkt, durch die Objektivlinsen zum Präparat. Damit die hier reflektirten, in gewöhnlicher Weise die Abbildung bewirkenden Strahlen zum Okular gelangen können, sind Hohlspiegel und Keil zentral durchbohrt. *A. K.*

Ein neues Pupillometer.

Compt. rend. **120.** *S. 1371. 1895.*

Das Instrument ist nach Angaben von Ch. Henry von Ph. Pellin konstruirt und dient zum Nachweis der Aenderung der Pupillengrösse unter Einwirkung des Lichts auf die Iris.

An dem einen Ende eines Rohres befindet sich eine enge Blende mit einer Nadel, die in den vorderen Brennpunkt des zu untersuchenden Auges gebracht und von letzterem fixirt wird. An dem anderen Ende ist das Rohr durch eine Mattscheibe geschlossen, die bis auf eine ringförmige Zone, von der ausgehend das Licht durch die enge Blende hindurch gerade auf die Iris trifft, abgeblendet ist. Durch abwechselndes Verdunkeln und Erhellen dieses freigelassenen Ringes kann nun der Einfluss der Beleuchtung der Iris untersucht werden. *A. K.*

Ein neuer Apparat zum Schneiden, Schleifen und Poliren genau orientirter Krystallplatten und Prismen.

Von A. E. Tutton. *Zeitschr. f. Krystallogr. u. Min.* **25.** *S. 79. 1895.*

Der zum Schleifen genau orientirter Platten und Prismen künstlicher Krystalle vom Verf. konstruirte Apparat (vgl. *Zeitschr. f. Krystallogr. u. Min.* **24.** *S. 433* und *diese Zeitschrift* **15.** *S. 423. 1895*) hat sich so vorzüglich bewährt, dass der Verf. nunmehr, ebenfalls durch die Firma Troughton & Simms, Fleet Street, London, einen auf ganz ähnlicher Grundlage beruhenden Apparat zum Schleifen und Poliren harter Krystalle hat ausführen lassen. Derselbe muss natürlich, seinem Zwecke entsprechend, wesentlich stärker gebaut sein, als der frühere, ist um ein Fünftel grösser und dementsprechend auch um die Hälfte theurer, erfüllt aber auch gleichzeitig die sämmtlichen Zwecke des ersten Apparates mit. Als hauptsächliche Neuerungen werden genannt: Der Schneidenapparat, welcher beispielsweise gestattet, einen 1 *cm* dicken Topas in 10 Minuten so glatt zu durchschneiden, dass nur noch wenig Schleifen nöthig ist, und ein grösserer Schleiftisch, der mit einer besonders bequemen Einrichtung zum Aufsetzen verschiedener, den Härtegraden der zu schleifenden Krystalle angepassten Schleif- und Polirscheiben versehen ist. *Glch.*

Eine Methode zur genauen Justirung der Nicol'schen Prismen.

Von E. Weinschenk. *Zeitschr. f. Krystallogr. u. Min.* **24.** *S. 581. 1895.*

Für die Bestimmung der optischen Eigenschaften von Mineralien ist es oft nöthig, die Schwingungsrichtung der Nicol'schen Prismen mit den Fäden des Fadenkreuzes in genaue Uebereinstimmung zu bringen; diese Aufgabe löst der Verf. in einfacher Weise auf Grund folgender Ueberlegung.

Ein zwischen zwei Nicols beobachteter doppelbrechender Krystall zeigt bei der Drehung des einen Nicols nur dann keine Interferenzfarben, wenn eine seiner Schwingungsrichtungen genau parallel mit der Schwingungsrichtung des anderen Nicols ist. Kann man also einen Krystall finden, der eine genaue Parallelstellung seiner Schwingungsrichtung mit den Fäden des Fadenkreuzes gestattet und gleichzeitig lebhafte Interferenzfarben niederer Ordnung giebt, so ist die Aufgabe im Prinzip gelöst. Diese Eigenschaften besitzt nun in vorzüglichem Maasse der Quarz, der in wasserklaren Nadeln von 5 bis 7 *mm* Länge und 0,05 bis 0,15 *mm* Dicke vorkommt. Eine derartige Nadel wird in Kanadabalsam eingebettet, der fast den gleichen Brechungsexponent besitzt, wie der Quarz, und das Präparat unter das Mikroskop zwischen zwei annähernd gekreuzte Nicols gebracht, deren Schwingungsrichtungen aber schief zum Fadenkreuz des Mikroskops stehen müssen, um den Krystall deutlich hervortreten zu lassen. Nun stellt man die lange Kante des Krystalls zunächst sehr genau parallel zum Fadenkreuz und dreht den Polarisator, bis der Krystall von den übrigen Theilen des Gesichtsfeldes nicht mehr zu unterscheiden ist; sodann dreht man den Analysator bis zur Dunkelstellung und korrigirt, wenn dabei der Krystall in irgend einer Stellung wieder sichtbar wird, durch Nachdrehen des Polarisators so lange, bis bei der Drehung des Analysators um 180° der Krystall vollständig unsichtbar bleibt. Dann also fallen die Schwingungsrichtungen im Quarz und Polarisator genau in dieselbe Richtung, d. h. das Licht im Polarisator schwingt genau parallel zu einem Faden des Fadenkreuzes; in analoger Weise kann der Analysator justirt werden.

Voraussetzung bei Anwendung dieser Methode ist allerdings, dass die Mikroskoplinsen selbst nicht doppelbrechend sind. *Glch.*

Untersuchungen über Röntgen'sche Strahlen.

Journ. de Phys. (3) **5.** *S. 165, 168 und 171. 1896.*

Die Röntgen'schen Strahlen haben die von verschiedenen Forschern unabhängig von einander gefundene (für Kathodenstrahlen schon von Lenard entdeckte) Eigenschaft, elektrisirte Körper rasch zu entladen, einerlei ob ihre Ladung positiv oder negativ ist.

J. J. Thomson verwandte zum Studium dieser Erscheinung die folgende Versuchsanordnung. Der Induktionsapparat und die Vakuumröhre sind in einer grossen Kiste untergebracht, welche mit Stanniol bekleidet ist, um jede elektrostatische Wirkung des Induktionsapparats nach aussen hin zu verhindern. Der fluoreszirende Theil der Vakuumröhre befindet sich etwa 4 *cm* unter dem Deckel der Kiste, in welchem an dieser Stelle ein mit dünnem Aluminiumblech überdecktes Loch von ungefähr 2 *cm* Durchmesser gebohrt ist. Die etwas grössere elektrisirte Scheibe ist ausserhalb der Kiste in 5 *cm* Abstand befestigt, sodass die Röntgen'schen Strahlen gerade auf die Scheibe fallen, welch' letztere mit einem Elektrometer dauernd verbunden bleibt. Zuerst werden beide Quadrantenpaare nebst der Scheibe mit einem Elektrophor oder einer Hochspannungsbatterie auf das nämliche hohe Potential geladen. Unterbricht man dann die Verbindung der beiden Quadrantenpaare, so wird die Elektrometernadel keinen Ausschlag zeigen unter der nothwendigen Voraussetzung einer sehr guten Isolation aller Theile. Lässt man aber auf die Scheibe Röntgen'sche Strahlen fallen, so wird das Potential des mit der Scheibe verbundenen Quadrantenpaares verändert, und die Nadel zeigt einen grossen Ausschlag. Positive und negative Elektrizität scheint in gleicher Weise entladen zu werden. Dagegen gelang es Thomson nicht, auf der vorher ungeladenen Scheibe durch Röntgen'sche Strahlen eine Ladung hervorzubringen.

Die Entladung eines auf ein hohes Potential elektrisirten Körpers ist ein viel empfindlicheres und einfacheres Erkennungsmittel für X-Strahlen als die photographische Platte: eine 6 *mm* dicke Zinkplatte erwies sich so noch als durchlässig für die Strahlen. Die Entladung elektrisirter Körper tritt erst ein, wenn der Druck in der Vakuumröhre stark gesunken und das Fluoreszenz-Licht aufgetreten ist.

Die Entladungserscheinungen bei der Bestrahlung elektrisirter Körper durch ultraviolettes Licht unterscheiden sich wesentlich von den hier beschriebenen. Elektrisirte Körper werden nach Thomson durch Röntgen'sche Strahlen sogar entladen, wenn der Körper von einem Isolator allseitig umgeben ist, von Schwefel, festem oder flüssigem Paraffin, Hartgummi u. s. w. Selbst die besten Isolatoren werden also zu Leitern der Elektrizität, wenn Röntgen'sche Strahlen durch sie hindurchgehen.

Benoist und Hurmuzescu (*a. a. O. S. 168*) haben ferner, ebenfalls durch die Entladung elektrisirter Körper, gezeigt, dass in Luft die Wirkung der X-Strahlen proportional dem Quadrate der Entfernung abnimmt, dass also Luft die Strahlen nicht merklich absorbirt. Die Wirkung wurde durch die Zeit gemessen, welche nöthig war, um die divergirenden Blätter eines geladenen Goldblattelektroskops in verschiedenen Entfernungen von der Vakuumröhre um denselben Winkel einander zu nähern. Bei einem Versuch war z. B. das Verhältniss der Quadrate der Entfernungen (13 und 20 *cm*) 2,37, das Verhältniss der Entladungszeiten des Elektroskops (27,7 und 65 Sekunden) 2,33. Weitere Versuche derselben Autoren über die Durchlässigkeit von Aluminiumblech von 0,1, 0,6 und 1,1 *mm* Dicke weisen darauf hin, dass die von einer Vakuumröhre ausgesandten Röntgen'schen Strahlen *heterogen* sind.

Schliesslich berichten *a. a. O. S. 171* A. und L. Lumière über einige die photographische Wirksamkeit der X-Strahlen betreffende Versuche. Für verschiedene Farben sensibilisirte Platten verhalten sich den Röntgen'schen Strahlen gegenüber ganz gleichartig; Platten, die für weisses Licht verschiedene Empfindlichkeit besitzen, ergaben dieselben Differenzen bei Bestrahlung durch die Vakuumröhre. Um zu untersuchen, wie stark die neuen Strahlen durch die empfindliche Schicht der Platten absorbirt werden, machten die Verfasser ein gegen Lichtzutritt geschütztes Packet von 250 Blatt Bromsilbergelatine-Papier, das mit einer Schablone aus dünnem Kupferblech bedeckt und mittels einer Vakuumröhre bestrahlt wurde. Nach einer Expositionszeit von 10 Minuten zeigte noch das 150. Blatt eine Einwirkung; bei längerer Belichtungsdauer konnte man leicht durch das ganze Packet hindurch photographiren. Es zeigte sich, dass die Papiermasse jedes Blattes etwa gerade so stark absorbirt, wie die empfindliche Schicht. Sehr starke Lichtquellen wirken bei der nämlichen Versuchsanordnung nur durch sehr wenige Blätter hindurch. *Lck.*

Spiegelgalvanometer für Schulversuche.

Von P. Szymański. *Zeitschr. f. d. phys. u. chem. Unterr. 8. S. 339. 1895.*

Szymański hatte *a. a. O. 7. S. 10. 1894* einige Apparate und Versuche angegeben, welche gestatteten, die Theorie der Magnet-Induktion auf die Theorie der magnetischen Kraftlinien experimentell aufzubauen. Der hohe Preis der Galvanometer von der erforderlichen Empfindlichkeit hinderte aber erheblich die Einbürgerung dieses Verfahrens in dem elementaren Unterricht. Szymański hat daher ein Spiegelgalvanometer von einfacher Ausführung und sehr mässigem Preise konstruirt, welches die erforderliche Empfindlichkeit besitzt. Der Bau der Theile, welche die Empfindlichkeit bedingen, und ihre wesentlichste Anordnung ist dem von Rubens und du Bois abgeänderten astatischen Thomson'schen Galvanometer der Firma Keiser & Schmidt in Berlin entnommen. Die Aenderung in der Ausführung betrifft hauptsächlich das Material und die Montirung der Theile, welche ein bequemes Auseinandernehmen, Aufstellen und Einstellen des Instrumentes gestattet.

Auf dem mit drei Stellschrauben versehenen Holzfuss steht das Gehäuse (Fig. 1). Die hintere Holzwand ist mit dem Fusse fest verschraubt, während die vordere nach Lösung der auf der Hinterwand angebrachten Klammerklemmung mittels Schubhülsen und Schubstangen parallel mit sich selbst verschoben und vom Fusse entfernt werden kann. An der festen

Wand ist mittels eines Scharniers ein nach hinten zurückklappbarer Deckel befestigt, auf dem eine um ihre Achse drehbare Stange sitzt, die mit einem verschiebbaren Richtmagnet versehen ist. Die beiden Seitenwände des Galvanometerkastens werden von Glasplatten gebildet, die in Nuthen der Holzwände sitzen. Jede der beiden Spulen, die das Nadelsystem umgehen, besteht aus zwei Hälften, die zu zweien auf der Vorder- und Hinterwand mit Hülfe der Spulenträger *ST* und der Klemmen in der aus Fig. 2 ersichtlichen Weise befestigt sind. Sie sind schalenförmig aus Kupferdraht von drei verschiedenen Stärken gewickelt. Der Spulenträger *ST*, welcher der Billigkeit halber aus Messing statt aus Kupfer hergestellt ist, besteht aus einem zylindrischen Theil zur Aufnahme des Nadelsystems und einem enge-

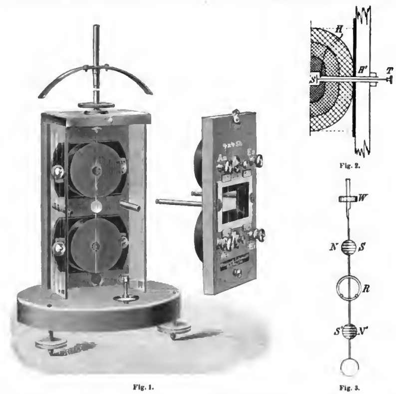


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

ren Halse *HH'*, durch den ein Stift mit runder Dämpferplatte mit mässiger Reibung verschoben werden kann. Der Widerstand einer jeden Spulenhälfte beträgt 4 *Ohm*. Das astatische Nadelpaar besteht aus zwei Systemen von kleinen Magnetnadeln, die an einem dünnen Drahte befestigt sind (Fig. 3). In der Mitte zwischen den beiden Nadelsystemen ist ein leichtes Rähmchen (*R*) aus steifem Papier um den Nadelstiel drehbar angebracht, das einen leichten Spiegel trägt. Die leichte Scheibe am unteren Ende des Nadelstiels schwebt zwischen zwei in den unteren Theilen der Holzwände verschiebbaren Dämpferplatten. Diese Einrichtung ermöglicht in Gemeinschaft mit den Dämpferplatten in den Spulenträgern eine Regelung der Luftdämpfung und eine Arretirung des Nadelsystems. Das Nadelsystem wird an einem kleinen Wirbel mittels eines Coconfadens angehängt und der Wirbel in dem unter dem Deckel des Galvanometers angebrachten Arme befestigt, in dem er sich mit mässiger Reibung verschieben und drehen lässt. In der Vorderwand befindet sich dem Spiegel gegen-

über ein Fenster, das durch eine seitlich verschiebbare Glasplatte verschlossen wird. Auf dem Fusse steht vor der Vorderwand ein kleiner wagrechter Magnet, der mit seinem Säulchen um deren lothrechte Achse drehbar ist und zur feineren Einstellung des Nadelsystems dient. Die Bewegungen des Nadelsystems werden in bekannter Weise mit Hülfe eines von dem Spiegel zurückgeworfenen Lichtzeigers auf einer Skale sichtbar gemacht.

Die Anweisungen Szymański's für die Aufstellung, Einstellung und Handhabung des Galvanometers und seine schönen Versuche über Induktion durch Bewegungen der Leiter im erdmagnetischen Felde (Erdinduktor), Induktion durch Bewegung von Schleifen in magnetischen Feldern, durch Drehung von Leitern in magnetischen Feldern erzeugte Induktion, die Umkehrung der Faraday'schen Rotationsversuche und unipolare Induktion mögen in der Originalarbeit nachgelesen werden.

Die Firma Keiser & Schmidt in Berlin liefert das Galvanometer in sorgfältiger Ausführung zum Preise von 87,50 M. *H. H.-M.*

Neu erschienene Bücher.

Polarisation et saccharimétrie. Von D. Sidersky. Paris, Gauthier-Villars und G. Masson. Preis 2,50 fr.

Das kleine Buch von etwa 150 Seiten Umfang enthält in kurz gedrängter, aber klarer Uebersicht so ziemlich alles für den Chemiker und speziell den Zuckerindustriellen nothwendige Material.

Im ersten Kapitel werden die Eigenschaften des polarisirten Lichtes, die verschiedenen Arten der Nicol'schen Prismen und der Noerremberg'sche Polarisationsapparat besprochen. Das zweite Kapitel, das sich mit dem spezifischen Drehungsvermögen und der Rotationsdispersion beschäftigt, enthält u. a. eine sehr reichhaltige Zusammenstellung des Drehungsvermögens der Krystalle, der Zuckerarten und Kohlenhydrate, der Säuren und Salze, der neutralen Körper, Alkaloïde und Essenzen. Hierauf folgt eine Uebersicht über die verschiedenen älteren und neueren Polarisationsapparate (Mitscherlich, Wild, Duboscq, Laurent, Lippich, Landolt), während im 4. Kapitel die speziellen Saccharimeter (Soleil-Ventzke-Scheibler, Laurent, Schmidt & Haensch) besprochen werden. Ein Beweis dafür, dass der Verf. auch die neuesten Verbesserungen aufmerksam verfolgt hat, ergiebt sich aus der Thatsache, dass auch das erst im Jahre 1894 auf Anregung von Lippich durch die Firma Schmidt & Haensch in Berlin konstruirte Halbschatten-Saccharimeter mit dreitheiligem Gesichtsfeld Erwähnung gefunden hat. Sodann werden die der Zuckerbestimmung zu Grunde liegenden Skalen besprochen, die in den verschiedenen Ländern bekanntlich sehr von einander abweichen, und ein Vorschlag zur Schaffung einer einheitlichen Zuckerskale angefügt.

Der ganze zweite Theil ist der Verwendung der Drehungskonstanten zur quantitativen Analyse der verschiedenen zuckerhaltigen Materien, der Alkaloïde etc. gewidmet; spezieller besprochen wird u. a. die Untersuchung von Milch, Wein, Urin etc.; auch hier ist eine Anzahl von recht werthvollen Tabellen beigegeben.

Schliesslich sei noch auf die alphabetische Zusammenstellung der Literatur über Polarisation und Saccharimetrie im Anhange des Werkchens hingewiesen, die dem Fachmann unter Umständen sehr willkommen sein wird. *Glch.*

Repetitorium der Chemie. Von Carl Arnold. 7. Aufl. Hamburg und Leipzig, Leopold Voss. 1896.

Den empfehlenden Worten, welche wir der 6. Auflage mitgaben[1]), ist kaum etwas hinzuzufügen, da der Verfasser wiederum darnach gestrebt hat, den früher ausgesprochenen

[1]) *Diese Zeitschrift* ***14.*** *S. 373. 1894.*

Grundsätzen zu entsprechen und ihm gegenüber ausgesprochenen Wünschen in weitgehendster Weise entgegenzukommen. Es sei deshalb nur daran erinnert, dass dieses in erster Linie für Mediziner und Pharmazenten bestimmte Buch auch dem Techniker als Nachschlagebuch warm zu empfehlen ist, da er bei manchen Aufgaben seines Berufes, welche eine Auskunft in chemischen Dingen nothwendig machen, daraus Erläuterungen und Rath schöpfen kann. *H. K.*

Die atmosphärische Luft. Eine allgemeine Darstellung ihres Wesens, ihrer Eigenschaften und ihrer Bedeutung. Von Dr. Adolf Marcuse. 8°. 76 S. Berlin, Friedländer & Sohn. 1896. Preis 2,00 M.

Der Inhalt dieser in Form eines allgemein verständlichen Lehrvortrages gehaltenen Abhandlung geht aus dem Titel zur Genüge hervor. An ähnlichen kurzen Abrissen der Meteorologie ist jetzt kaum Mangel vorhanden; er unterscheidet sich von anderen derartigen Zusammenfassungen wohl nur äusserlich, durch Vermeidung des Ausdruckes „Meteorologie", dessen Stelle der ebenso wenig wohlklingende Name „Atmosphärologie" in den mannigfaltigsten Abarten (z. B. agrarische, aëronautische Atmosphärologie) einnimmt. *Sg.*

W. C. Röntgen, Eine neue Art von Strahlen. II. Mittheilung. (Aus: „Sitzungsberichte d. Würzb. physikal.-mediz. Gesellschaft".) gr. 8°. 9 S. Würzburg, Stahel 0,60 M.

Veröffentlichungen des königl. preussischen meteorologischen Instituts. Hrsg. durch dessen Dir. Wilh. v. Bezold. Ergebnisse der Beobachtungen an den Stationen II. und III. Ordng. im J. 1895, zugleich deutsches meteorolog. Jahrbuch f. 1895. Beobachtungssystem des Königr. Preussen und benachbarter Staaten. 1. u. 2. Heft. gr. 4°. 98 S. Berlin, A. Asher & Co. Je 2,50 M.

F. Klein, Ueber den Plan eines physikalisch-technischen Instituts an der Universität Göttingen. (Vortrag.) gr. 8°. 9 S. Leipzig, B. G. Teubner. 0,30 M.

Th. Liebisch, Grundriss der physikalischen Krystallographie. gr. 8°. VIII, 506 S. m. 898 Fig. Leipzig, Veit & Co. 13,40 M.; geb. in Halbfrz. 15,40 M.

Nivellements-Ergebnisse, Die, der trigonometrischen Abtheilung der königl. preussischen Landes-Aufnahme. 1. u. 2. Heft. 8°. Berlin, E. S. Mittler & Sohn. Kart. je 1,00 M.

1. Prov. Ostpreussen. Mit 3 Uebersichtsblättern. IV, 63 S. — 2. Prov. Westpreussen. Mit 3 Uebersichtsblättern. IV, 56 S.

Rechnungsvorschriften f. die trigonometrische Abtheilung der Landesaufnahme. Formeln u. Tafeln zur Berechnung der geograph. Koordinaten aus den Richtgn. u. Längen der Dreiecksseiten. 2. Ordng. 3. Aufl. schmal gr. 8°. 24 S. Berlin, E. S. Mittler & Sohn. Kart. 0,80 M.

W. Voigt, Kompendium der theoretischen Physik. In 2 Bänden. 2. Bd. gr. 8°. Leipzig, Veit & Co. 18,00 M.; kplt: 32,00 M.; geb. in Halbfrz. 36,00 M.

2. Elektrizität u. Magnetismus. Optik. XIV, 810 S.

H. Helmholtz, Vorträge u. Reden. 4. Aufl. 1. Bd. gr. 8°. XVI, 422 S. m. 51 Holzst. u. Bildniss. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn. 8,00 M.; geb. 9,20 M.

Notiz.

In der *im vorigen Heft* erschienenen Abhandlung von Dr. W. Louguinine „Apparat zur Bestimmung der spezifischen Wärme fester und flüssiger Körper" ist auf *Seite 133 Zeile 31 v. o.* 150° statt 100° zu lesen.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.





Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Redaktionskuratorium:

Geh. Reg.-Rath Prof. Dr. **H. Landolt**, Vorsitzender, Prof. Dr. **A. Westphal**, geschäftsführendes Mitglied,
Prof. Dr. **E. Abbe**, Dr. **H. Krüss**.

Redaktion: Dr. St. Lindeck in Charlottenburg-Berlin.

XVI. Jahrgang. **Juli 1896.** Siebentes Heft.

Neues Pendelstativ.

Von
Prof. Dr. **M. Haid** in Karlsruhe.

Mit dem Interesse, welches in den letzten Jahren der Ausführung von Pendelbeobachtungen, insbesondere mit dem Sterneck'schen Apparat[1]) zugewendet wird, ist zugleich das Bestreben verbunden, diese Beobachtungen immer mehr zu verfeinern, theils durch Beseitigung oder Verminderung des Einflusses von Fehlerquellen, theils durch Bestimmung ihres Einflusses, falls dieser der Beobachtung und Rechnung zugänglich ist. Bekanntlich sind unter anderem solche Fehlerquellen zu suchen in dem Mitschwingen der Beobachtungspfeiler, im Gleiten der Unterlagsplatte des Pendelstativs auf der Pfeileroberfläche[2]), im Mitschwingen des Pendelstativs, sowie in der Unsicherheit der Temperaturbestimmung der schwingenden Pendel. Das neue Stativ, welches von der Firma Carl Bamberg in Friedenau ausgeführt und in Fig. 1 dargestellt ist, soll diesen störenden Ursachen möglichst Rechnung tragen.

Die Aufstellung des Stativs erfolgt unmittelbar auf dem Boden durch Vermittelung einer 7 *cm* dicken und 80 *cm* breiten, achteckigen Platte aus belgischem Granit. In diese Platte vertieft ist die dreiarmige Unterlagsplatte des Stativs fest einzementirt und steht aus derselben 8 *mm* hervor. Den Querschnitt der Unterlagsplatte zeigt Fig. 2. Für die Aufnahme der kräftigen Stativ-Fussschrauben besitzt die Unterlagsplatte Kerbeinschnitte, deren Flächenwinkel genau gleich ist dem Winkel der nicht allzu spitzen Abschlusskegel der Fussschrauben. Durch die innige Berührung längs des Kegels der Fussschrauben erhalten diese eine feste Stellung; ausserdem werden diese noch wie üblich durch die Flügelschrauben S festgeklemmt.

Das Stativ dient zur gleichzeitigen Aufhängung von vier Pendeln P auf einer kreisförmigen Achatplatte von 30,7 *cm* Durchmesser und 4 *cm* Dicke. Die Anordnung der Pendel ist durch Fig. 3 im Grundriss gegeben. Je zwei Pendel haben parallele Schwingungsebenen in einem Abstand von 22 *cm*. Für das eine Pendelpaar geht die Schwingungsrichtung XX parallel einer Seite des durch die Fussschrauben gebildeten gleichseitigen Dreiecks, für das andere YY ist sie senkrecht hierzu, parallel der Höhe dieses Dreiecks. Das Einhängen und Herablassen der einzelnen Pendel auf ihre wahren Schneiden mittels der Schrauben H (Fig. 1) geschieht wie beim Sterneck'schen Apparat. Wie dort wird auch hier jedes Pendel einzeln durch Auf- und Nieder-

[1]) Vgl. *diese Zeitschr.* **8.** *S. 157. 1888.*

[2]) Beobachtungen, welche mit einem von Schneider in Wien hergestellten Sterneck'schen Apparat vorgenommen wurden, haben gezeigt, dass der Unterschied in der Schwingungsdauer bei auf Pfeileroberfläche aufgegypster und nicht aufgegypster Stativ-Unterlagsplatte bis zu $50 \cdot 10^{-7}$ beträgt und abhängig ist von der Beschaffenheit der Pfeileroberfläche.

klappen des Daumens D arretirt und in Schwingung gebracht. Um das auf seinen wahren Schneiden frei hängende Pendel in die Ruhelage zu bringen, sind zentrisch unter jedem Pendel feine Haarpinsel angeordnet, die mittels des Hebels L und der Schrauben R dem Pendel genähert und von ihm entfernt werden können. Im Mittelpunkte der Achatplatte hängt das Pendelthermometer T. Die Pendelstange selbst bildet das Quecksilbergefäss und besteht aus einer Stahlröhre von $^1/_2$ *mm* Wandstärke und 3 *mm* innerem Durchmesser. Zwischen der Glaskapillare und der Stahlröhre ist eine Platinkapillare eingeschaltet, welche durch Email mit den beiden ersteren verbunden ist. Da die Pendellinse dieses Thermometers derjenigen der Pendel gleich ist und die Dimensionen der Stahlröhre entsprechend dem Unterschiede der thermi-

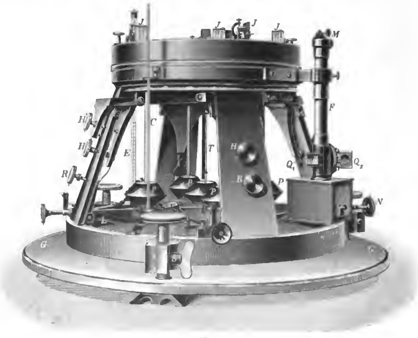


Fig. 1.

schen Eigenschaften von Bronce und Quecksilber bestimmt sind, so wird dieses Pendelthermometer nahezu gleiches thermisches Verhalten zeigen wie die Pendel selbst. Die Herstellung desselben geschah durch Herrn Hofrath Lehmann, Professor der Physik an der hiesigen Hochschule. Ausser dem Pendelthermometer sind noch ein Sterneck'sches Thermometer E und ein geprüftes Celsius-Thermometer C am Stativ angebracht. Es ist ferner noch Vorsorge getroffen, dass im Mittelpunkt der Achatplatte an Stelle des Pendelthermometers auch ein Sterneck'sches Pendel eingehängt werden kann. Um dieses auf seine wahren Schneiden herabzulassen, dient die Schraube H'. Auf der Achatplatte sind dann fünf Spiegel J angebracht, welche den betreffenden Pendelspiegeln parallel gestellt werden können. Ein Fadenpendel F kann für jede der beiden Schwingungsrichtungen an das Stativ in A oder in B (Fig. 3) eingesetzt werden. Das Gewicht desselben besteht aus einem hohlen Metallzylinder.

Die Länge des Kokonfadens kann mittels der Schraube *M* regulirt werden. Die Beleuchtung des Fadens erfolgt durch das Prisma Q_1, die Beobachtung durch das Prisma Q_2. Die Arretirung geschieht mittels des Knopfes *N*, durch dessen Drehung ein Teller das Gewicht hebt und oben gegen die Röhre andrückt. Zum Schutze gegen allenfallsige Wärmestrahlung aus der steinernen Grundplatte liegt auf der dreiarmigen Unterlagsplatte eine 1,5 *cm* dicke Glasplatte *G*, welche an den drei Fussschrauben des Stativs durchbohrt ist und von der Steinplatte 8 *mm* absteht. Zur Erzielung gleichmässiger Temperatur ist an Stelle des Glaskastens des Sterneck'schen Apparats das Stativ mit einem achteckigen, innen und aussen polirten Metallkasten bedeckt. Dieser ist zur Beobachtung der Pendel an den entsprechenden Seiten mit planparallelen Fenstern versehen, und sind an demselben gegenüber den zum Herablassen, Arretiren und Beruhigen der Pendel dienenden Schraubenknöpfen Metallklappen angebracht, durch welche man mittels eines trichterförmigen Schlüssels zu ersteren gelangt. Während einer Beobachtungsreihe, welche die vier Pendel umfasst und $3^1/_2$ bis 4 Stunden dauert, wird der Metallkasten nicht abgenommen.

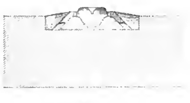


Fig. 2.

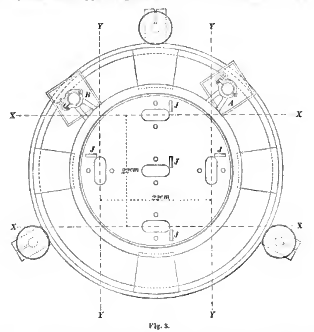


Fig. 3.

Zur Beobachtung der Koïnzidenzen der Pendel mit der Beobachtungsuhr dienen die gleichen Koïnzidenzapparate wie beim Sterneck'schen Apparat. Es sind deren zwei vorhanden, welche für je ein Pendelpaar parallel neben einander gestellt werden. Der eine Koïnzidenzapparat trägt zur Beobachtung des Fadenpendels an der Seiten-



wand noch ein zweites Fernrohr. Die Fernrohre haben, da die Koïnzidenzapparate ungefähr 25 *cm* über dem Boden zu stehen kommen, ein gebrochenes Okular, an dessen Stelle auch ein Okularmikrometer mit 0,25 *mm* Schraubenganghöhe eingesetzt werden kann. Ferner kann mittels eines Exzenters, der durch einen in der Längswand des Koïnzidenzapparates angebrachten Knopf gedreht wird, der Spalt des vor dem Spiegel des Koïnzidenzapparates auf- und abgehenden Schirmes zusammenfallend mit dem Spalt des festen Schirmes gestellt werden. Bei Beleuchtung dieses Spiegels wird dann im Fernrohr eine von dem Pendelspiegel reflektirte feine Lichtlinie beobachtet.

Die parallel neben einander aufgehängten Pendel sowie das Fadenpendel als Kontrole sollen zur Bestimmung des Mitschwingens des Stativs dienen. Ohne am Apparat irgend welche Aenderung zu treffen, erfolgt diese Bestimmung unter den gleichen Verhältnissen, unter welchen die Schwingungsdauer der Pendel bestimmt wird. Dem einen Pendel giebt man die gleiche Anfangsamplitude wie bei der Bestimmung seiner Schwingungsdauer; es wird dann das andere frei hängende und anfänglich ruhige Parallelpendel ebenfalls zu schwingen beginnen. Haben dann beide Pendel nahezu gleiche Schwingungsdauer, so wird für längere Zeit die Amplitude des anfangs ruhigen Pendels immer wachsen. Aus der Grösse seiner nach Verlauf einer bestimmten Zeit erreichten Amplitude kann man auf das Mitschwingen des Stativs schliessen. Die Amplitude des allmählich stärker mitschwingenden Pendels wird aus der Bewegung der vom Pendelspiegel reflektirten, schwingenden Lichtlinie mittels des Okularmikrometers bestimmt. Bei dieser Bestimmung ist es nöthig, für die Beleuchtung elektrische Glühlampen zu verwenden. Die Beobachtungen haben ergeben, dass nach Verlauf von 50 bis 65 Minuten die Amplitude des anfänglich ruhigen Pendels in der Schwingungsrichtung XX $2\frac{1}{4}$ mal grösser ist (nach 50 Min. und 65 Min. bezügl. 39,"3 und 46,"5) als in der Richtung YY (nach 50 Min. und 65 Min. bezügl. 17,"7 und 20,"7). Für die erstere Richtung ist die Schwingungsdauer der Pendel um 5 Einheiten der 7. Dezimale der Sekunde grösser gefunden worden als für die letztere Richtung.

In Folge der exzentrischen Aufhängung der Pendel besteht das Mitschwingen des Stativs eigentlich in einer Drehbewegung desselben. Von dieser kommt jedoch für den Einfluss des Mitschwingens auf die Schwingungsdauer der Pendel nur die Komponente in der Schwingungsrichtung in Betracht, und dieser Einfluss kann aus dem Verhalten des Parallelpendels bestimmt werden. Die Pendel hätten auch paarweise hinter einander angeordnet werden können, sodass die gemeinschaftliche Schwingungsebene je zweier durch die Mitte des Stativs ginge. Um in diesem Falle eine Beeinflussung durch die bewegte Luft zu vermeiden, wären die einzelnen Pendel durch Scheidewände von einander zu trennen, welche soweit von den Pendeln abstehen müssten, dass auch die von ihnen zurückgeworfene Luft keinen Einfluss mehr äussern kann. Bei der obigen Anordnung, wo die beiden parallelen Pendel durch die drei dazwischenhängenden Pendellinsen getrennt sind, ist eine Beeinflussung durch die bewegte Luft wohl nicht zu befürchten.

Das Mittel der Schwingungsdauer der gleichen vier Pendel auf dem neuen Stativ ist in Potsdam um 84,5 und in Karlsruhe um 83,5 Einheiten der 7. Dezimale der Sekunde kleiner gefunden worden als auf dem Schneider'schen Stativ Nr. 10, wobei beidemale die Unterlagsplatte des letzteren Stativs auf dem Boden aufgegypst war.

Ueber ein Verfahren zur Untersuchung der Durchbiegung von Rohren.

Von
Dr. C. Pulfrich in Jena.
(Mittheilung aus der optischen Werkstätte von Carl Zeiss in Jena.)

Ich war in letzter Zeit wiederholt vor die Aufgabe gestellt, an Metallrohren, welche zu Fernrohren und dergleichen benutzt werden sollten, vergleichende Messungen über den Einfluss der Schwere auf die Durchbiegung solcher Rohre vorzunehmen. Zur Lösung dieser Aufgabe habe ich ein Verfahren in Anwendung gebracht, welches sich sowohl durch die Einfachheit der Beobachtung als auch durch die Genauigkeit der Messung auszeichnet, und welches geeignet erscheint, für mancherlei andere, wissenschaftliche und technische Zwecke nützliche Verwendung zu finden.

Die Methode beruht im Wesentlichen auf der Anwendung von zwei ebenen, durchsichtigen Glasplatten, welche in nahezu paralleler Lage zu einander an den Enden des zu untersuchenden Rohres befestigt sind. Nicht nothwendig, aber eine wesentliche Erleichterung für die Messung darbietend, ist eine mit der einen der beiden Glasplatten verbundene Justirvorrichtung, vermittels deren für eine gegebene Anfangsstellung des Rohres die beiden Glasplatten genau parallel zu einander gerichtet werden können. Wird das Rohr alsdann aus dieser Anfangslage heraus in eine bestimmte zweite Lage gebracht, welche sich von der ersten entweder in Bezug auf den Neigungswinkel der Rohrachse zur Lothrichtung oder bei unveränderter Richtung der Rohrachse in Bezug auf die Durchbiegungsrichtung des Rohres unterscheidet, so werden jetzt die beiden Glasplatten bezw. die auf ihnen errichteten Normalen in Folge der veränderten Durchbiegung des Rohres einen bestimmten Winkel mit einander bilden, und die Messung dieses Winkels ist alsdann gleichbedeutend mit der Bestimmung der Richtungsänderung der Rohrachse an den Stellen des Rohres, an welchen die Glasplatten befestigt sind.

Die Messung geschieht mittels eines mit Okularspalt und Okularmikrometer versehenen Fernrohrs (Autokollimation), dessen optische Achse angenähert mit der Achse des Versuchsrohres zusammenfällt. In der einen Stellung des Rohres wird auf das Zusammenfallen der beiden von den Glasplatten erzeugten Reflexbilder des Okularspaltes eingestellt, in der anderen der Abstand der Bilder in der Durchbiegungsrichtung des Rohres okularmikrometrisch gemessen. Der gefundene Abstand der Reflexbilder, in Winkelmaass gemessen, ist gleich dem doppelten Betrag der Richtungsänderung der Rohrachse.

Um also zu untersuchen, welche Richtungsänderung die Achse eines horizontal gestellten Rohres unter dem Einfluss der Schwere, sei es in Folge des eigenen Gewichtes, sei es in Folge anderweitiger Belastungen desselben, erleidet, würde man demnach, wie bereits vorstehend angedeutet, in zweierlei Weise verfahren können. Die nächstliegende Anordnung ist die, dass man das Rohr anfänglich genau vertikal stellt und in dieser Stellung, in welcher die Rohrachse dem Einfluss der Schwere entzogen ist, die beiden Bilder zur Deckung bringt. Oder aber, und das scheint mir für viele Fälle rationeller zu sein, man bringt das Rohr gleich von vornherein in eine horizontale Lage und dreht dasselbe aus dieser Anfangslage um 180° um eine in der Horizontalebene gelegene Drehungsachse, als welche im Speziellen auch die



Rohrachse selbst genommen werden kann. Bei dieser Anordnung erfolgt die Durchbiegung des Rohres in beiden Lagen desselben in der gleichen Ebene, aber in entgegengesetzter Richtung. Der zu messende Betrag tritt *vervierfacht* in die Erscheinung.

Auf den Abstand der Reflexbilder haben Richtungsänderungen des Fernrohrs zur Achse des Versuchsrohres keinen Einfluss. Für denselben ist allein der Neigungswinkel maassgebend, den die beiden Glasplatten mit einander bilden. Es ist daher für das Resultat der Messung gleichgültig, ob das Fernrohr jeder der beiden Lagen des Rohres einzeln angepasst wird, oder ob dasselbe in fester, unveränderter Lage sich befindet. Letzteres ist für die Messung jedenfalls bequemer und wird immer da anzuwenden sein, wo Vorrichtungen getroffen werden können, welche eine Drehung des Versuchsrohres um dessen Achse oder um eine senkrecht dazu gelegene Achse ermöglichen.

Die hierzu dienenden Vorrichtungen werden verschieden sein, je nachdem das zu untersuchende Rohr entweder in der Mitte oder an den beiden Enden oder an einem der beiden Enden des Rohres seine Unterstützung findet. Im letzteren Falle

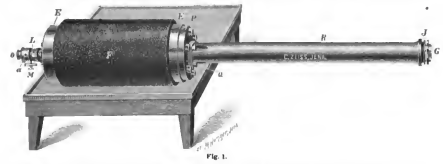


Fig. 1.

kann das Versuchsrohr auch direkt mit dem Objektivende des Fernrohrs fest verbunden und die Drehung des Versuchsrohres durch Drehung des Fernrohrs um dessen Achse bewerkstelligt werden.

Die letztgenannte Versuchsanordnung habe ich bei den von mir ausgeführten Messungen in Anwendung gebracht. Der benutzte Apparat ist in Fig. 1 nach einer Photographie in $^1/_9$ nat. Grösse wiedergegeben.

Ein vorhandenes Eisenrohr EE (Fig. 1) von ca. 30 *kg* Gewicht bildet die Rohrwand des Beobachtungsrohres. Dieselbe wurde nur desshalb so schwer genommen, damit das mit dem Fernrohr zu verbindende Versuchsrohr R von jenem ohne weitere Vorkehrungen als allein durch das Gewicht des Fernrohrs in horizontaler Lage festgehalten wurde. Die Drehung des Fernrohrs um 180° wurde durch Rollen desselben auf dem Beobachtungstisch bewirkt. Das Eisenrohr ist mit einem dicken Filzmantel F bekleidet.

Die erste der beiden Glasplatten wurde unmittelbar hinter dem Fernrohrobjektiv und mit diesem zusammen in die durch kräftige Bolzen mit dem Eisenrohr verbundene Messingplatte P eingesetzt. An letztere wurde das zu untersuchende Rohr R in der aus der Figur ersichtlichen Weise angeschraubt. Das andere, freie Ende des Rohres trägt die Justirvorrichtung J mit der darauf befestigten zweiten Glasplatte G [1]).

[1]) Selbstverständlich braucht diese Glasplatte nur auf der dem Fernrohr zugewandten Seite plan polirt zu sein. Als erste Platte kann eine planparallele oder besser noch eine schwach keilförmige Glasplatte benutzt werden.

Bei dieser Anordnung haben etwaige Durchbiegungen der Messingplatte P auf die Messung keinen Einfluss. Der Abstand der Reflexbilder wird dadurch ebensowenig wie durch eine unvollkommene Befestigung der Platte P an dem Fernrohrkörper beeinflusst. Etwas anderes ist es aber mit der Befestigung des Rohres R auf der Platte P. Es musste durch besondere Versuche der Einwand entkräftet werden, dass ein Theil der beobachteten Verschiebung der Reflexbilder möglicherweise durch eine unvollkommene Befestigung des Rohres R an der Platte P (bezw. durch Dehnung der 4 Befestigungsschrauben Q) entstanden sein könne. Es wurden zu dem Ende die Ansatzfläche des Rohres R und diejenige der Metallplatte P sorgsam gereinigt, mit einer dünnen Schellackschicht überzogen, das Rohr erwärmt und im heissen Zustand auf die Platte aufgeschraubt. Nach dem Erkalten wurden die Befestigungsschrauben Q entfernt, sodass das Rohr jetzt allein durch die dünne Kittschicht an der Messingplatte festgehalten wurde. Der Durchbiegungsversuch wurde wiederholt und die Reflexbilder in gleichem Abstand wie vorher gefunden. Der obige Einwand wäre natürlich von vornherein hinfällig gewesen, wenn die erste Glasplatte in direkte Verbindung mit dem Rohre R gebracht worden wäre. Die obige Versuchsanordnung hatte aber den Vortheil, dass sie gleichzeitig ermöglichte, einen äusserst willkommenen Aufschluss über die Zuverlässigkeit der in jedem einzelnen Falle angewandten Befestigungsvorrichtung zu erhalten.

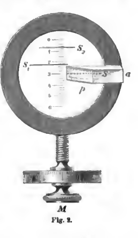


Fig. 2.

Die Einrichtung des Okulars O ist aus Fig. 2 zu ersehen. Der Spalt S befindet sich in fester, unveränderlicher Lage dicht unter dem ebenfalls feststehenden Beleuchtungsprisma p. Die in $^1/_{5}$ *mm* getheilte Glasskale, deren Striche dem Spalt S parallel stehen, liegt mit dem Spalt sehr nahe in derselben Ebene und ist mittels der Mikrometervorrichtung M verstellbar. S_1 und S_2 sind die von den beiden Glasplatten erzeugten Reflexbilder.

Mit Hülfe der in Fig. 1 sichtbaren Schraube L kann der ganze Okularkopf in der Richtung senkrecht zur Objektivachse verschoben werden. Von dieser Einrichtung wird Gebrauch gemacht, wenn das von der ersten Glasplatte erzeugte Spaltbild S_1 nicht mit der Skale zusammenfallen sollte. Ausserdem ist die Möglichkeit gegeben, den Okularkopf zu drehen (Horizontalstellung des Spaltes) und denselben in der Richtung der Fernrohrachse zu verstellen (Fokusirung der Skale).

Die Handhabung des Apparates ist nach Vorstehendem ohne Weiteres ersichtlich. Die Ebene, in welcher das Rohr auf Durchbiegung untersucht werden soll — ich denke hierbei an die Untersuchung einseitig versteifter (z. B. ovaler) Rohre, für zylindrische Rohre ist es gleichgültig, in welcher Ebene man die Messung vornimmt — wird durch Rollen des Fernrohrs zuerst vertikal gestellt und hierauf das Okular in seiner Hülse so weit gedreht, dass der Spalt horizontal zu liegen kommt. Die Mikrometerschraube steht alsdann senkrecht, das Fensterchen a für den Lichteintritt zeigt nach rechts oder links. In gleicher Höhe mit diesem Fensterchen wird rechts und links je eine Argandlampe aufgestellt.

Bei der Justirung der Spaltbilder richtet man dieselben vortheilhaft so, dass sie nicht mit ihrer ganzen Länge zusammenfallen, sondern so, dass das Ende des einen Spaltbildes ein wenig über das Ende des andern Spaltbildes hinausragt. Die

Regulirung der Justirschrauben wird zweckmässig durch einen Gehülfen nach Anweisungen des vor dem Okular befindlichen Beobachters bewerkstelligt. Die Beseitigung sehr geringer Höhendifferenzen der beiden Bilder wird vom Beobachter selbst durch Drehen des Okularkopfes und des ganzen Fernrohrs bewirkt[1]).

Nach erfolgter Drehung des Rohres um 180° werden die Fünftel- und Zehntel-Millimeter des Abstandes der beiden Bilder direkt an der Skale, die weiteren Unterabtheilungen des Millimeter an der Trommel der Messschraube abgelesen.

Mit dem vorbeschriebenen Apparat ist es mir möglich gewesen — die Fernrohrvergrösserung war eine 14-fache, die Objektivbrennweite gleich 380 *mm* — schnell und sicher Richtungsänderungen der Rohrachse im Betrage von wenigen Sekunden zu messen. Desgleichen wurde der Apparat in vortheilhafter Weise dazu benutzt, an verschiedenen Rohren vergleichende Messungen über die Durchbiegung der Rohrachse unter dem Einfluss geringer einseitiger Erwärmungen des Rohres auszuführen.

Das Verfahren ist anwendbar für eine ganze Reihe verwandter Aufgaben. Als solche sind zu nennen die Untersuchung der Richtungsänderung der Rohrachse an verschiedenen Stellen des Rohres, die Untersuchung des Einflusses verschiedener Belastungen, in welch' letzterem Falle die Drehung des Rohres um 180° auch unterbleiben kann, und ähnliche Aufgaben. Auch liessen sich mit Leichtigkeit Einrichtungen treffen, mit deren Hülfe durch Beobachtung der Lage der beiden Reflexbilder zu einander massive Stäbe etc. auf Durchbiegung untersucht werden können.

Jena, im Mai 1896.

Nachtrag zu der Abhandlung: „Ueber Thermometer mit variabler Quecksilberfüllung"[2]).

Von

Fr. Grützmacher.

Am Schlusse der früheren Abhandlung war nur mit einigen Worten der Fadenkorrektion bei Beckmann'schen Thermometern Erwähnung gethan. Es dürfte daher nicht unwesentlich sein, folgende Erwägungen und Versuche nachzutragen.

Handelt es sich beim Gebrauche des Thermometers nur um Messung kleiner Temperaturdifferenzen in niederen Temperaturen, wobei nur der kurze zur Temperaturmessung dienende Faden aus dem Bade herausragt, so wird wegen der Nähe des Bades die Temperatur des Fadens nicht sehr erheblich von der des Bades ab-

[1]) Wie bereits oben angedeutet, ist die Einstellung auf das genaue Zusammenfallen der Reflexbilder nicht unbedingt erforderlich. Die Durchbiegung des Rohres kann auch in der Weise gemessen werden, dass man die mikrometrische Ausmessung des Abstandes der Bilder in jeder der beiden Lagen des Apparates vornimmt. Nur ist dann anzuempfehlen, den Abstand der Bilder von vornherein hinreichend gross zu nehmen, bezw. einen nach obigem Verfahren anzustellenden Vorversuch zu machen, weil sonst leicht Irrthümer über die Grösse der Verschiebung entstehen.

[2]) *Diese Zeitschrift* **16.** *S. 171. 1896.* Die dort auf Seite 172 in der Fussnote [2]) gemachte kurze Bemerkung, dass seit einigen Jahren wieder zur Füllung von Thermometern unter Druck auf Vorschlag von Dr. Mahlke die so bequem im Handel zu habende Kohlensäure verwandt werde, könnte übrigens zu der irrigen Ansicht Veranlassung geben, als ob es nur auf die Benutzung der Kohlensäure an sich ankäme. Es beruht jedoch das Wesentliche des jetzigen, nach Vorgang von Dr. Mahlke eingeführten Verfahrens (*diese Zeitschrift* **12.** *S. 402. 1892*) auf der Verwendung der *flüssigen* Kohlensäure, wie sie in den schmiedeeisernen Flaschen zu haben ist, die gleichzeitig das zur Thermometerfüllung erforderliche Druckreservoir darbieten.

weichen. In diesem Falle wird demnach auch die Fadenkorrektion nur gering sein und erst dann, wenn der Temperaturunterschied zwischen Bad und Faden 32° beträgt, einen Betrag von 0°,005 pro Grad des herausragenden Fadens erreichen.

Wird andererseits die Temperaturbestimmung unter Benutzung des äussersten Skalenendes ausgeführt, so hat wegen der Länge der herausragenden Strecke der Faden in diesem Messbereich nahezu Zimmertemperatur, sodass seine Temperatur von der des Bades z. B. bei 100° in ungünstigen Fällen um 80° abweichen kann, was eine Fadenkorrektion von 0°,013 im Gradwerthe bedingen würde.

Bei Benutzung der Skalenmitte als Messintervall würde man also mit einer Genauigkeit von wenigen Tausendteilgraden einen mittleren Werth annehmen können.

Ein nahezu mittlerer Werth wird schliesslich ebenfalls anzuwenden sein, wenn der *ganze* Skalenumfang zur Temperaturmessung ausgenutzt wird.

Bei einem Versuche tauchte ich ein Beckmann'sches Thermometer einmal nur bis etwas unterhalb des Skalenanfangs (sodass etwa 5°,2 herausragten), dann aber vollständig in Wasserdampf ein; die beiden Ablesungen ergaben eine Standdifferenz von 0°,054, also pro Grad des herausragenden Fadens im Mittel eine Korrektion von 0°,01. Wenn dieser Werth auch nicht für *alle* Bestimmungen bei 100° genau richtig sein wird, weil die Temperatur des Fadens ja mit den verschiedenen äusseren Umständen variirt, so wird jedoch der bei der Annahme dieser mittleren Korrektion eintretende Fehler selten 0°,001 überschreiten. Berechnet man nämlich aus der vorerwähnten Bestimmung die mittlere Temperatur des herausragenden Fadens, so ergiebt sich dieselbe zu 33°,9; bei einer Kontrolbestimmung wurde dieselbe zu 30°,3 ermittelt, d. i. zwar ein Unterschied von 3°,6; jedoch erst eine um 6°,4 fehlerhafte Bestimmung der Fadentemperatur verursacht im Gradwerthe einen Fehler von 0°,001. Nimmt man demnach die mittlere Temperatur des herausragenden Fadens bei 100° zu 32° an, so wird man der Wirklichkeit sehr nahe kommen.

Interpolirt man hiernach die Fadentemperatur für Temperaturen zwischen 0° und 100°, so kann der hierdurch entstehende Fehler angenscheinlich ebenfalls nicht gross sein.

Um auch über die Fadentemperatur bei Messungen in Temperaturen zwischen 100° und 200° einen Anhalt zu haben, stellte ich den vorigen ähnliche Versuche an. In den Dampfraum eines Apparates, in welchem Methylbenzoat (bei 199°) siedete, wurden 3 in 0°,2 getheilte Normalthermometer eingetaucht. Das eine derselben, welches als Kontrolinstrument für die etwa im Verlaufe des Versuches eintretenden Temperaturschwankungen dienen sollte, erhielt eine konstante Eintauchtiefe von 189°. Es ragten somit noch etwa 10° aus dem Apparate heraus, sodass auf diese Weise ein Abdestilliren des Quecksilbers vermieden wurde. Die beiden anderen Normalthermometer, deren Skalenlänge zwischen 100° und 200° 23 bezw. 29 *cm* betrug und demnach ungefähr der Skalenlänge eines Beckmann'schen Thermometers entsprach, wurden einmal nur bis 100° und dann, um auch hierbei ein Verdampfen von Quecksilber zu vermeiden, nicht ganz, sondern nur bis zum Theilstriche 190° in den Dampfraum eingetaucht. Vor jeder Ablesung waren die Instrumente etwa eine halbe Stunde der Temperatur ausgesetzt gewesen, sodass wohl eine genügende Ausgleichung stattgefunden haben konnte. Die Differenz der beiden Ablesungen war die für 90° ermittelte Fadenkorrektion. Die hieraus berechnete mittlere Fadentemperatur betrug beim kürzeren Instrumente 45°,4, beim Thermometer mit grösserer Gradlänge 42°,5. Die Temperatur im Apparate war während des Versuches innerhalb 0°,01 konstant geblieben. Bei einem mehrere Tage später ebenfalls in Methylbenzoat ausgeführten

Kontrolversuche war die Anordnung der Instrumente dieselbe. Das eine Normalthermometer bekam wieder eine konstante Eintauchtiefe, und die im Verlaufe von ungefähr 3 Stunden noch nicht ganz 0°,1 betragenden Temperaturschwankungen wurden später bei den einzelnen Beobachtungen mit in Rechnung gezogen. Jedoch wurden die beiden anderen Instrumente nicht gleich von der Skalenstelle 100° bis 190° eingetaucht, sondern auch noch mit den Eintauchtiefen bei den Zwischenstellen 120°, 140°, 160° und 180° beobachtet, um hieraus auch für verschieden lange, aus dem Temperaturbade herausragende Fäden die mittlere Fadentemperatur bestimmen zu können. Die berechneten Temperaturen variirten zwischen 36° und 56°. Bildet man aus allen diesen Werthen das Mittel, so ergiebt dies bei 199° eine mittlere Temperatur des herausragenden Fadens von 44°. Da nun die Fadentemperatur bei 100° zu 32° ermittelt worden war, so kann man sie bei 150° mit genügender Sicherheit zu 38° annehmen, weil ja 6°,4 in der Fadentemperatur, wie schon oben bemerkt wurde, im Gradwerthe immer erst einen Fehler von 0°,001 verursachen.

Wenn diese Versuche zur Ermittelung der Fadentemperatur auch nicht für alle in diesen Temperaturen vorkommenden Fälle maassgebend sein können, so ersieht man doch daraus, dass bei Annahme der genannten Fadentemperaturen der Gradwerth des Beckmann'schen Thermometers in den meisten Fällen eine für diese Temperaturen grosse Genauigkeit von wenigen Tausendstelgraden erreichen wird.

Die in der letzten Kolumne der früheren Abhandlung für *ganz eintauchenden* Faden geltenden Gradwerthe würden demnach für *ganz herausragenden* Faden, nach obigen Fadentemperaturen umgerechnet, folgende Werthe ergeben.

Beträgt im Temperaturintervall Grad	bei ganz eintauchendem Faden der Werth eines Skalengrades in Grad C,	so ist bei ganz herausragendem Faden und einer mittleren Fadentemperatur von Grad	der Werth eines Skalengrades gleich Grad C
(−35, −30)	0,982	0	0,977
(0, 5)	0,997	15	0,995
(45, 50)	1,011	26	1,015
(95, 100)	1,021	32	1,032
(145, 150)	1,027	38	1,045
(195, 200)	1,028	44	1,053
(245, 250)	1,024	50	1,055

Charlottenburg, im Juni 1896.

Die Thätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt in der Zeit vom 1. April 1895 bis 1. Februar 1896[1]).

A. Allgemeines.

1. Betheiligung der Reichsanstalt an Versammlungen u. s. w.

Dr. Mahlke besuchte im Mai und Juni 1895 verschiedene Anlagen, bei deren Betrieb die Messung hoher Temperaturen in Frage kommt. Dr. Holborn und Dr. Wien stellten in den Wassergasöfen von Julius Pintsch zu Fürstenwalde Versuche an betr. das Garbrennen von Gefässen aus schwer schmelzbarer Masse. Dr. Holborn war sodann mit Dr. Wachsmuth in Dresden zu Beobachtungen mit dem Frölich'schen Kompensationsverfahren an der elektrischen Bahn von Dresden nach Blasewitz. Prof. Feussner wohnte der Jahresversammlung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker in München vom 4. bis 7. Juli 1895 bei und verband mit dieser Dienstreise in Rücksicht auf die Einrichtung des neuen elektrotechnischen Laboratoriums der Abth. II die Besichtigung mehrerer elektrotechnischer Institute und Fabriken. Der Direktor Prof. Hagen nahm mit Franc von Liechtenstein Theil an den Verhandlungen des 6. Deutschen Mechanikertages in Hamburg am 13. und 14. September 1895 und sprach daselbst über die bisherigen Arbeiten der Reichsanstalt. Prof. Wiebe unternahm vom 21. bis 28. September eine Dienstreise zur Revision der Grossherzoglich Sächsischen Thermometer-Prüfungsanstalt in Ilmenau, wohnte dem 5. Glasbläsertage in Jena bei und hatte gelegentlich dieser Reise Besprechungen über die Einrichtung pyrometrischer Versuchsöfen und über die Prüfung von Pyrometern.

B. Erste (Physikalische) Abtheilung.

I. Thermische Arbeiten[2]). 1. Veröffentlichungen.

Die in dem früheren Thätigkeitsbericht beschriebenen Arbeiten sind in drei Abhandlungen veröffentlicht worden, von denen die erste die thermometrischen Arbeiten, die zweite die Ausdehnungsbestimmungen enthält, während die dritte die Untersuchung über die Abnahme der Schwere mit der Höhe wiedergiebt[3]). Das beträchtliche in diesen Arbeiten enthaltene Zahlenmaterial ist während des Druckes nochmals eingehend kontrolirt worden.

2. Ausdehnung des Wassers[4]).

Für die Bestimmung der Wasserausdehnung nach der absoluten, hydrostatischen Methode wurden die Vorarbeiten durch Bestimmung der Fehler der Mikrometerschrauben und der benutzten Skalen abgeschlossen; ein besonderes Studium erforderten auch die durch die eigenthümlichen Abbildungsverhältnisse bei den Mikroskopen entstehenden Fehler. Die eigentlichen Versuche sind in Angriff genommen und werden voraussichtlich bis gegen 40° ausgedehnt werden können.

3. Dampfdichte[5]).

Bestimmungen über die Dichte des Wasserdampfes sind nach zwei Methoden vorbereitet worden. Nach der ersten, von Herrn Bauer angewandten Methode wird ein Körper von bekanntem Volumen in dem gesättigten Dampfe gewogen und dadurch der Auftrieb des Dampfes bestimmt; die Methode soll nur bei Atmosphärendruck benutzt werden; die Apparate dazu werden täglich erwartet. Nach der zweiten Methode soll das Volumen bestimmt werden, welches eine gewogene Wassermenge als gesättigter Dampf einnimmt. Das

---

[1]) Auszug aus dem dem Kuratorium der Reichsanstalt im März 1896 erstatteten Thätigkeitsbericht. Die Zahl der an der Anstalt ständig beschäftigten Personen hat gegen das Vorjahr (vgl. *diese Zeitschrift* **15.** *S. 283. 1895*) keine Veränderung erfahren und beträgt somit 71. Als wissenschaftliche Gäste und freiwillige Mitarbeiter gehörten ausserdem der Abtheilung I die Herren Prof. Dr. Goldstein, Dr. Pringsheim und Prof. Dr. Rubens an.

[2]) Im Folgenden sind die Namen derjenigen Beamten, welche die betreffenden Arbeiten ausführten, in Anmerkungen zu den einzelnen Nummern des Textes aufgeführt.

[3]) Vgl. auch die Auszüge aus diesen Abhandlungen in *diese Zeitschrift* **15.** *S. 433. 1895* und **16.** *S. 49 u. S. 25. 1896.*

[4]) Thiesen, Scheel, Diesselhorst.

[5]) Thiesen.



vom Wasser eingenommene Volumen wird bei gleichbleibender Temperatur durch Ablassen von gewogenen Quecksilbermengen varlirt und das Volumen der Sättigung als Unstetigkeitspunkt der Kurve bestimmt, welche den Druck als Funktion des Volumens darstellt.

Die Versuche nach dieser Methode sind für Drucke bis zu 20 Atmosphären in Aussicht genommen, die Apparate dürften demnächst in Bestellung gegeben werden können.

4. Aenderung der Elastizität von Gläsern durch die Temperatur[1]).

Mit Rücksicht auf die in Aussicht genommenen und zum Theil vorbereiteten Kompressibilitätsbestimmungen wurde nach der Schwingungsmethode die Aenderung des Torsionskoëffizienten einiger Gläser und eines gezogenen Quarzfadens mit der Temperatur bestimmt. Die Aenderung betrug für ein weiches Glas zwischen 0° und 100° gegen 10%, während die besseren Jenaer Gläser und der Quarzfaden nur 1 bis 2% und ein alkalifreies Glas einen fast verschwindenden Werth ergaben.

5. Barometer[2]).

Ein Barometer der zweiten Abtheilung wurde mit dem Normalbarometer verglichen. Die Hauptfehlerquelle bei diesen Vergleichungen und auch bei den Barometerständen des Normalbarometers scheint in den durch den Temperaturgang des geheizten Zimmers bedingten Temperaturunterschieden der einzelnen Theile des Instrumentes zu liegen; diese Fehlerquelle muss bei den Normalbarometern mit kathetometrischer Ablesung noch viel erheblicher sein.

6. Ausdehnungsbestimmungen mittels des Fizeau'schen Apparates[3]).

Die Richtigkeit des Werthes, welcher sich für die thermische Ausdehnung der Stahlschrauben des Fizeau'schen Tischchens ergeben hatte, sollte dadurch kontrolirt werden, dass man mit Hülfe dieser Schrauben die Ausdehnung des Quarzes bestimmte und den hierfür ermittelten Werth mit demjenigen verglich, welcher von Benoît zu Breteuil mit Hülfe eines Tischchens aus Platiniridium gefunden worden war. Die beiderseitigen Bestimmungen ergaben jedoch eine Abweichung von ca. 2% des Ausdehnungskoëffizienten des Quarzes für das Temperaturintervall 0°:80°, für welches die Benoît'schen Beobachtungen gelten. Da die übrigbleibenden Fehler der Ausgleichungen eine derartige Abweichung durchaus nicht erklären konnten, andererseits aber ein Fehler in der Bestimmung der Ausdehnung der Schrauben in sämmtliche späteren Messungen eingeht, so war eine Wiederholung der Versuche nicht zu umgehen. Nun ergab eine zweite, zur Bestimmung der Ausdehnung des Quarzes angestellte Versuchsreihe für das Intervall 0°:150° ganz denselben Werth wie die erste Reihe, somit dürften diese Messungen als hinreichend gesichert angesehen werden können. Dagegen erscheint es nicht ausgeschlossen, dass bei den absoluten Ausdehnungsbestimmungen der Stahlschrauben durch die Oxydation des Stahlspiegels am Fizeau'schen Tischchen während der Versuche eine geringe Hebung der unteren, reflektirenden Fläche hervorgerufen worden ist (schon eine Hebung von 1 μ würde die ganze vorhandene Differenz zwischen den Benoît'schen und den diesseitigen Messungen erklären). Es wurden daher auch die absoluten Ausdehnungsbestimmungen der Stahlschrauben nochmals wiederholt und zwar so, dass man als untere spiegelnde Fläche nicht mehr direkt den spiegelnden Stahl, sondern die plane Fläche einer auf Spitzen gelagerten dünnen Quarzplatte benutzte. Diese Messungen, die noch nicht abgeschlossen sind, werden hoffentlich den Grund für die gefundenen Abweichungen erkennen lassen.

Die Ausdehnungsbestimmungen des Quarzes haben ausserdem noch Gelegenheit gegeben, die Stahlschrauben des Tischchens auf ihre thermische Nachwirkung hin zu prüfen. Das erfreuliche Ergebniss dieser Untersuchungen war, dass die thermischen Nachwirkungen der sehr gut ausgeglühten Stahlschrauben die Grösse der Beobachtungsfehler (d. h. einige Hundertel der Streifenbreite oder etwa 0,01 μ) nicht merklich zu übersteigen scheinen.

Ausserdem wurde noch die Ausdehnung eines zu luftthermometrischen Messungen benutzten Porzellangefässes für das Intervall 0°:150° mit Hülfe des Fizeau'schen Apparates in 2 Reihen bestimmt, deren Abweichung von einander nur etwa 1% betrug, während aus den Messungen deutlich hervorging, dass das Porzellan ziemlich unhomogen war und sich

[1]) Thiesen, Scheel.

[2]) Wiebe, Diesselhorst, Hebe.

[3]) Gumlich.

an verschiedenen Stellen der Röhre verschieden stark ausdehnte. Der sich ergebende Mittelwerth

$$10^{-8}(272+0{,}08\,t)$$

ist natürlich noch mit der Unsicherheit behaftet, welche die Schraubenausdehnung besitzt; dieselbe spielte aber für die vorliegende Frage keine Rolle mehr und kann auch nach Ermittelung der definitiven Werthe für die Schraubenausdehnung nachträglich noch leicht eliminirt werden.

7. Wärmeleitung[1]. Vom Verein deutscher Ingenieure war die Bearbeitung der Aufgabe, den Durchgang der Wärme durch Heizflächen zu bestimmen, beantragt worden. Diese Frage enthält eine grosse Anzahl von Einzelfragen. Eine von diesen, nämlich die nach der Abhängigkeit des Leitungsvermögens für die Wärme von der Temperatur, erwies sich bei näherer Durchsicht der Literatur durch das bereits vorliegende Beobachtungsmaterial in einer für das praktische Bedürfniss genügenden Weise beantwortet. Wenn auch von den vorhandenen Beobachtungen manches nicht die höchste Genauigkeit beanspruchen kann, so hat doch die Beschaffenheit des Materials, namentlich geringe Verunreinigungen, einen so wesentlichen Einfluss, dass allgemein gültige Ergebnisse von neuen Versuchen wenigstens für die in der Technik gebräuchlichen Materialien nicht erwartet werden können. Da die bisherigen Beobachtungen theilweise schwer zugänglich sind, so ist eine kurze Zusammenstellung des Materials in der *Zeitschr. d. Vereins deutscher Ingenieure* **14.** *1896* veröffentlicht.

8. Messung tiefer Temperaturen. Für die Messung tiefer Temperaturen in verflüssigter Luft sind vorbereitende Versuche mit Platinwiderständen und Thermoelementen angestellt worden. Die Platinwiderstände aus Draht von 0,1 und 0,05 *mm* Durchmesser sind theils auf Schieferrahmen, theils auf Glimmerplatten gewickelt und in Kupferhülsen eingeschlossen, durch die mittels eingelötheter platinirter Glasröhren die Zuführungen isolirt hindurchgeführt werden. Die Zuführungen bestehen aus Platindraht von 1,0 und 0,5 *mm* Durchmesser, die erst ausserhalb des Temperaturbades mit den Kupferleitungen verbunden werden.

Neben der Vergleichung der Widerstände ist auch noch eine Bestimmung der Abhängigkeit verschiedener Thermoelemente von der Temperatur in Angriff genommen. Bis jetzt sind die Elemente Eisen — Konstantan, Kupfer — Konstantan und Kupfer — Nickel zwischen + 100° und — 80° gemessen.

9. Messung hoher Temperaturen. Die Versuche, Gefässe aus schwer schmelzbarem Material für die Messung hoher Temperaturen herzustellen, wurden soweit fortgesetzt, dass gezeigt werden konnte, dass die in der Königlichen Porzellan-Manufaktur hergestellte Masse durch Erhitzen auf eine Temperatur von etwa 1700° gargebrannt werden kann und dann die Eigenschaften besitzt, die zur Herstellung von Luftthermometergefässen erforderlich sind. Zu diesem Zwecke hatte die Firma Julius Pintsch in Fürstenwalde gestattet, einige Versuche in ihren Wassergasöfen auszuführen. Kleinere, in diesen Oefen gebrannte Gefässe zeigten nach erneutem Erhitzen keine Veränderung des Volumens mehr, und die Porosität der Wände war ebenfalls verschwunden. Um Gefässe für das Luftthermometer vollständig garzubrennen, war die Form der Wassergasöfen nicht geeignet, und die weitere Fortsetzung der Versuche mit dem Luftthermometer in sehr hohen Temperaturen wird zunächst von der Konstruktion von Wassergasöfen abhängen, welche das Garbrennen der Gefässe ihrer ganzen Länge nach gestatten.

Um für die Temperaturen bis zum Platinschmelzpunkt eine vorläufige Skale zu besitzen, wurde die Abhängigkeit des Widerstandes von reinem Platin und Rhodium von der Temperatur bestimmt. Um die Bildung von Platinsilizium zu verhindern, wurden die Drähte vor den Ofengasen sorgfältig geschützt. Die Temperatur wurde durch die ans Luftthermometer angeschlossenen Thermoelemente aus Platin — Platinrhodium gemessen. Ebenso wie früher wurde nur der Widerstand eines kurzen Drahtstückes bestimmt, indem das Potentialgefälle gemessen wurde. Die Temperatur konnte an jedem Ende des Drahtes bestimmt werden, sodass man sich davon überzeugen konnte, dass das ganze Drahtstück sich auf derselben Temperatur befand.

[1]) Zu 7. bis 9. Holborn, Wien.

Für die Temperatur über 1450° wurde nun sowohl die Widerstandszunahme als auch die thermoelektrische Kraft des gewöhnlich benutzten Elements, endlich noch die eines Elements aus verschieden zusammengesetzten Platinrhodiumlegirungen extrapolirt.

Da sich hier eine Uebereinstimmung von etwa 10° ergab, so wurde nach dieser Methode die Temperatur der Schmelzpunkte von Nickel, Palladium und Platin bestimmt. Es ergab sich für

Nickel	1484°
Palladium	1587°
Platin	1780°.

Für die meisten technischen Anwendungen, bei denen die Temperatur nur selten über 1700° steigt, dürfte durch diese Versuche ein hinreichend genaues und bequemes Pyrometer gegeben sein, das vor vielen anderen noch den Vorzug grosser Konstanz für mannigfache Versuchsbedingungen besitzt. Die schwer schmelzbare Masse bietet dabei selbst in dem noch ungaren Zustande, auf dessen Herstellung bisher die Königliche Porzellanmanufaktur sich beschränken musste, den Vortheil, dass sie Schutzröhren für das Thermoelement liefert, die bei den hohen Temperaturen noch beständig bleiben, wo Porzellanröhren schon schmelzen würden. Die Resultate der Versuche sind veröffentlicht in der Abhandlung: L. Holborn und W. Wien, Ueber die Messung hoher Temperaturen, zweite Abhandlung. *Wied. Ann.* **56.** *S. 360. 1895.*

II. Elektrische Arbeiten.

1. Normalwiderstände[1]*).*

Eine Vergleichung der Quecksilbernormale unter gleichzeitigem Anschluss der Quecksilberkopien und Drahtnormale aus Manganin war zuletzt im Februar 1895 vorgenommen worden; dabei hatte sich ergeben, dass die durch die Gesammtheit dieser Widerstände repräsentirte Einheit sich im Laufe zweier Jahre bis auf 1 bis 2 Hunderttausendtel konstant erhalten hatte. Im Januar 1896 wurden nun die Quecksilberkopien und Drahtnormale von neuem gemessen, wobei auch die schon öfter mit diesen Widerständen verglichenen Drahtnormalen von Abtheilung II angeschlossen wurden. Aus der relativen Uebereinstimmung aller dieser Widerstände, verglichen mit ihren früheren Werthen, ergiebt sich, dass dieselben sich auch im vergangenen Jahr auf 1 bis 2 Hunderttausendtel konstant erhalten haben.

Dieselbe gute Konstanz zeigen auch die Drahtnormale der II. Abtheilung. Da die Manganinwiderstände sich ausserdem durch ihren sehr kleinen Temperaturkoëffizienten (durchschnittlich 2 Hunderttausendtel für 1°) und ihre geringe Thermokraft gegen Kupfer zu genauen Messungen vorzüglich eignen, so dürfte es sich vielleicht empfehlen, auf die Quecksilberkopien, deren genaue Vergleichung viel schwieriger und umständlicher ist, als Vergleichsnormale ganz zu verzichten, und die ebenso konstanten Manganinwiderstände an ihre Stelle treten zu lassen, welche dann in den vorgeschriebenen Zeitintervallen mit den Normalrohren verglichen werden.

Die Resultate dieser Versuche sind veröffentlicht in den *Wissensch. Abhandl. der P.-T. R.* **2.** *S. 379. 1895* in der Arbeit von W. Jaeger, Die Quecksilbernormale der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt für das Ohm[2]).

2. Messungen mit dem Helmholtz'schen Elektrodynamometer[3]*).*

Alle Messungen von grösserem Umfange sind bereits im vorjährigen Thätigkeitsbericht beschrieben worden. Erledigt wurde noch die Berechnung der elektrodynamischen Wirkung der viereckigen Strombahn auf die bewegliche Spule nach Formeln, welche Herr W. Wien aufgestellt hat; ferner die Messung mehrerer Widerstände, die in das Schlussergebniss eingehen, und die Feststellung der Beziehung zwischen der elektromotorischen Kraft des Clark-Elementes und dem elektrochemischen Aequivalent des Silbers. Die Ergebnisse werden bald veröffentlicht werden.

[1]) Jaeger.

[2]) Vgl. auch *diese Zeitschr.* **16.** *S. 131. 1896.*

[3]) Kahle.

3. Spulen-Galvanometer nach Deprez - d'Arsonval[1]).

Untersucht wurden drei Instrumente.

Die Brauchbarkeit der Instrumente wird nach einer Seite hin durch die Frage bestimmt, unter welchen Verhältnissen die Dämpfung eine zulässige Grösse nicht überschreitet. Man fügte dem Stromkreise der Spule allmählich mehr und mehr Ballastwiderstand zu und bestimmte so gut wie möglich die Zeitdauer bis zum merklich erreichten definitiven Ausschlag. Nimmt man eine Ausschlagsdauer von 20 Sek. als obere Grenze der zulässigen Zeit an, so war bei einem älteren Instrument von Carpentier bei einer Spule

1. von 135 *Ohm* Widerstand kein Ballast mehr nöthig,
2. von 210 *Ohm* Widerstand ein Ballast von etwa 200 *Ohm* nöthig,

bei einem neuen Carpentier'schen Instrument

3. von 525 *Ohm* Widerstand ein Ballast von etwa 3400 *Ohm* nöthig.

Am brauchbarsten sind die Instrumente in der Nähe der Grenze des Ueberganges von völliger Aperiodizität in eine gedämpfte Schwingungsbewegung mit Umkehr. Diese Grenze liegt bei der doppelten Dauer der Schwingung im offenen Stromkreis. Um sie zu erreichen, war folgender Ballast nöthig:

	Spule von	Schwingungsdauer im offenen Stromkreis	Doppelte Schwingungsdauer	Erforderlicher Ballast
1.	135 *Ohm*	$1^1/_2$ Sek.	3 Sek.	400 *Ohm*
2.	210 „	2 „	4 „	1500 „
3.	525 „	8 „	16 „	3700 „

Hieraus scheint sich zu ergeben, dass die Instrumente mit langer Schwingungsdauer für die gewöhnlichen elektrischen Messungen nur in sehr beschränkten Grenzen brauchbar sind.

4. Elektrische Strassenbahnen.

Ueber die Beobachtungen an den Schienen der Strassenbahn in Charlottenburg ist in der *Elektrotechn. Zeitschrift* ***16.*** *S. 417. 1895* berichtet worden.

Die Herren Holborn und Wachsmuth nahmen ferner in Dresden, der erstere auch in Pankow, theil an Versuchen, welche von der Firma Siemens & Halske an elektrischen Strassenbahnen ausgeführt wurden, besonders um das von Frölich vorgeschlagene Kompensationsmittel gegen Störungen zu prüfen, bei welchem an geeigneten Punkten der Schienen Ströme abgezweigt und um die Magnetometer geführt werden.

Verhandlungen des Elektrotechnischen Vereins gaben wiederholt Gelegenheit, in der Diskussion die Stellung der Reichsanstalt zu den Fragen darzulegen.

III. Optische Arbeiten.

1. Bestimmungsstücke der Platin-Lichteinheit[2]).

Im letzten Thätigkeitsberichte war nach ausführlicher Schilderung der Herstellung eines wohl definirten Bolometerbelags aus Platinmoor gesagt worden, dass damit nicht nur alle Bestimmungsstücke für die Platin-Lichteinheit der Reichsanstalt festgesetzt, sondern auch die Abhängigkeit der Lichteinheit von allen Fehlerquellen untersucht und bekannt seien. Es bleibt demnach jetzt nur noch übrig, die Zahlen für die einzelnen Bestimmungsstücke festzusetzen, welche sich naturgemäss möglichst eng an die bei der Untersuchung zufällig vorhandenen Dimensionen anschliessen müssten.

Die Grösse des elektrisch glühenden Platinblechs, definirt durch die Grösse des Diaphragmas, war eine Kreisfläche mit dem Durchmesser 2 *cm*.

Die Temperatur des Platinblechs war definirt durch die Absorption in dem Wassergefäss, dessen Quarzdeckplatten zusammen die Dicke 2,5 *mm* besassen; zwischen beiden befand sich eine Wasserschicht von 20,00 *mm* Dicke.

Als Normaltemperatur des strahlenden Blechs gilt dann diejenige, bei welcher das Verhältniss der durchgelassenen Strahlung zur Gesammtstrahlung 1 : 10 beträgt.

Die absorbirende Schicht auf den benutzten Bolometern, welche eine Gesammtoberfläche von 8 *qcm* besitzen, wurde durch folgende Bestimmungsstücke definirt:

[1]) Wachsmuth.

[2]) Lummer, Kurlbaum.

Die elektrolytische Lösung besteht aus 1 Theil Platinchlorid auf 30 Theile Wasser; hierzu wird soviel Bleiacetat hinzugesetzt, dass auf 4000 Theile Wasser 1 Theil Bleiacetat kommt. Die Temperatur der Lösung beträgt 20 Grad. Als Elektrodenspannung werden 4 *Volt*, als Stromstärke 0,25 *Ampère* benutzt. Die Dauer der Elektrolyse beträgt 2 Minuten. Die Bolometerstreifen stehen zwischen 2 positiven Elektroden, sodass sie von beiden Seiten zugleich geschwärzt werden. Die Oberfläche der Bolometer ist jederseits 4 *qcm* gross, sodass die Stromdichte 0,0313 *Amp./cm*^{2} ist.

Der Abstand des Bolometers vom Diaphragma betrug 55 *cm*.

Diese bisherigen Bestimmungsstücke der Lichteinheit können beibehalten werden, nur wird es zweckmässig erscheinen, die Dicke der Quarzplatten von 2,5 *mm* auf 2 *mm* abzurunden, und ebenso statt des Abstandes 55 *cm* zwischen Bolometer und Diaphragma 50 *cm* zu nehmen.

2. Energievertheilung im Spektrum der Platin-Lichteinheit[1]).

Für die in ihren Dimensionen eben festgelegte Lichteinheit wurde auf bolometrischem Wege die Intensitätsvertheilung im Spektrum bestimmt, einerseits um zu sehen, ob man hierbei eine direktere Definition der Lichteinheit erhalten könnte, andererseits um die Energievertheilung der verschiedensten gebräuchlichen Lichtquellen auf diejenige der Platinlichteinheit zurückzuführen. Dieser Bestimmung wurde eine von König und Rubens beschriebene Methode zu Grunde gelegt. Man bolometrirte nicht direkt die Platinlichteinheit, sondern die Lichtstrahlung eines Zirkonbrenners und verglich gleichzeitig die Zirkonstrahlen mit den Platinstrahlen mittels des Spektralphotometers. Hierdurch erreicht man erstens im Blau eine relativ grosse Energie, andrerseits kann man durch absorbirende Flüssigkeiten das zu bolometrirende Zirkonspektrum reinigen, ohne die Zusammensetzung des von der Platinlichteinheit ausgesandten Lichtes zu verändern.

Der photometrische Anschluss geschah so, dass man das Licht der Platinlichteinheit in das eine Rohr des Lummer-Brodhun'schen Spektralphotometers schickte, während man den Spalt des dazu senkrechten Rohres mittels derjenigen Zirkonstrahlen beleuchtete, die am dispergirenden Prisma des Spektrobolometers gespiegelt wurden.

Trotz der komplizirten Anordnung stimmten die schliesslich für die Lichteinheit erhaltenen Energiekurven innerhalb weniger Prozente für ein und denselben Glühzustand des Platinbleches mit einander überein. Es wurden die Energiekurven für 6 verschiedene Glühzustände bestimmt, welche durch das Verhältniss der Theilstrahlung zur Gesammtstrahlung definirt und durch die verschiedenen Entfernungen des Bolometers vom Platinglühapparat bei genau fixirter Stellung des Absorptionsgefässes verwirklicht werden, bei denen mit oder ohne Absorption im Galvanometer derselbe Ausschlag erfolgt.

Aus der relativ langsamen Aenderung der Energie bei Veränderung des Glühzustandes folgt zunächst, dass die Lichteinheit, definirt durch das Verhältniss zweier Theilstrahlungen im sichtbaren Spektrum, nicht an Genauigkeit gewinnt. Aber auch an Einfachheit steht die spektrale Methode der bisherigen nach.

Abgesehen von dem verwickelten Aufbau dürfte es schwierig sein, die verschiedenen in Betracht kommenden Grössen allgemein zu definiren.

Da die Kurve der Energievertheilung auch von der Breite des Bolometers und Spaltes abzuhängen schien, so wurden die Versuche für den normalen Glühzustand des Platinblechs unter Benutzung verschieden breiter Bolometer bei verschiedener Spaltbreite wiederholt. Diese Versuche sind noch nicht endgültig abgeschlossen.

Es sei schliesslich erwähnt, dass die benutzten Linearbolometer von genau vorgeschriebener Breite nach derselben Methode hergestellt wurden, wie die Flächenbolometer nach Lummer-Kurlbaum.

3. Strahlungsmessungen in absolutem Maass[2]).

Die Messungen sind nach der früher angegebenen Methode für einen strahlenden Körper bei der Temperaturdifferenz 0° bis 100° durchgeführt. Hierbei ist nur ein Zweig der Wheatstone'schen Brücke als Bolometer benutzt. Für die vollständige und bequeme Aus-

[1]) Kurlbaum, Lummer, Rubens.
[2]) Kurlbaum.

nutzung der Methode ist dagegen eine Brücke erforderlich, bei welcher alle vier Zweige aus Bolometern bestehen, von denen eins wieder in sich in vier gleiche Zweige zerfällt. Da sich die Methode nun in der einfachen Form bewährt hat, so soll zur Konstruktion eines vollkommneren, dauernden Apparates geschritten werden, mit dem sich leicht und sicher die gewünschten Strahlungsmessungen in absolutem Maass ausführen lassen.

4. Untersuchung des Strahlungsgesetzes schwarzer Körper[1].

Die Methode, das absolute Strahlungsgesetz schwarzer Körper zu untersuchen, gründet sich auf die Ueberlegung, dass im Innern eines von gleichtemperirten Wänden umschlossenen Hohlraums die Strahlung eines schwarzen Körpers sich herstellen muss, die gleichzeitig dem Wärmegleichgewicht entspricht und deshalb nur von der Temperatur abhängen kann[2]). Für niedere Temperaturen ist ein hartgelötheter Kessel angefertigt, der doppelte Wandungen hat. Durch eine kleine Oeffnung soll die Strahlung nach aussen gelangen. In dem Zwischenraum soll sich der Dampf einer mit Rückflusskühlung siedenden Flüssigkeit befinden.

Bis etwa 600° sollen Salpeterbäder Verwendung finden. Hierzu ist ein eiserner Kessel konstruirt, in dessen Mitte eine Kupferkugel gehalten wird, die wieder durch eine kleine Oeffnung nach aussen kommunizirt. Diese Kugel wird von dem flüssigen Salpeter umspült.

Für noch höhere Temperaturen werden endlich Porzellankugeln Verwendung finden, deren Inneres nach aussen strahlt, und die sich in einem Chamotteofen befinden. Durch Gasgebläse können sie bis 1400° erhitzt werden. Die Temperatur soll durch ein an das Luftthermometer angeschlossenes Platinrhodiumthermoelement gemessen werden.

Die Strahlung gelangt aus den verschiedenen Hohlräumen durch ein Messdiaphragma, dessen Temperatur durch Wasserspülung konstant gehalten wird, auf ein mit dem Diaphragma fest verbundenes Flächenbolometer, sodass die Entfernung zwischen dem Diaphragma und dem Bolometer immer dieselbe bleibt. Es wird zunächst die Gesammtstrahlung bei verschiedener Temperatur mit einander verglichen. Die Empfindlichkeit des Galvanometers wird durch ein Clarkelement von Zeit zu Zeit kontrollirt.

5. Anwendung schwarzer Körper zur Vereinfachung der Definition der Platinlichteinheit[3]).

Die Versuche über die Strahlung schwarzer Körper berechtigen zu der Hoffnung, jene früher schon ausgesprochene Idee, die Strahlung einer Lichtquelle auf diejenige einer konstanten Wärmequelle zurückzuführen, zu besserem Erfolge führen zu können, als es damals möglich war. Der als Wärmequelle benutzte Leslie'sche Würfel erwies sich als nicht genügend definitionsfähig, während die Strahlung eines durch eine Oeffnung strahlenden Hohlraumes nur unwesentlich durch die innere Oberflächenbeschaffenheit beeinflusst wird.

Da man durch die Umkehrung des Prinzips der Herstellung absolut schwarzer *strahlender* Körper durch Hohlräume, auch zur Verwirklichung absolut schwarzer *Bolometer* gelangt, so hofft man fortan auch von der komplizirten Definition des Platinmoors unabhängiger zu werden. Versuche zur praktischen Herstellung absolut schwarzer Bolometer ebenso wie die Vergleichung der Platinlichteinheit mit der Strahlung eines absolut schwarzen wohl definirten Körpers sind schon theilweise begonnen worden.

6. Neues Kontrast-Polarimeter[4]).

Ein genaueres Studium der Wirkungsweise des neuen Lippich'schen Halbschattenpolarimeters mit *dreitheiligem* Gesichtsfeld führte zur Verwirklichung des längst erstrebten Zieles, das photometrische *Kontrastprinzip* auch der Polarimetrie in leicht ausführbarer Form zugänglich zu machen. Die zu lösende Aufgabe besteht darin, Verhältnisse herzustellen, bei denen nicht die gleiche Helligkeit verschiedener Felder, sondern das *gleich starke Hervortreten zweier Felder* auf einem gleichmässigen Hintergrund beurtheilt wird. Dabei müssen die Felder so polarisirt sein, dass bei einer Analysatordrehung aus der Nullstellung heraus das eine Kontrastfeld um ebensoviel heller wird gegenüber seiner Umgebung, als das andere Kontrastfeld an Helligkeit abnimmt gegenüber dessen Umgebung, während bei der entgegengesetzten Drehung des Analysators gerade das Umgekehrte eintreten muss.

[1]) Lummer, Wien.

[2]) Vgl. W. Wien und O. Lummer, Methode zur Prüfung des Strahlungsgesetzes absolut schwarzer Körper. *Wied. Ann. 56. S. 451. 1895.*

[3]) Lummer, Kurlbaum.

[4]) Lummer.

Das so definirte Kontrastprinzip ist bei Vorhandensein nur dreier Felder, wie beim neuen Lippich'schen Apparat, nicht herstellbar.

Dazu muss man sich eines *viertheiligen* Gesichtsfeldes bedienen, dessen vier Felder in ganz gewisser Weise polarisirt sind. Bezeichnen wir die vier Felder wie in Fig. 1 der Reihe nach mit 1, 2, 3 und 4, so drehen wir zunächst die Polarisationsebenen paarweise einander parallel und zwar mögen 1 und 3 längs der Richtung $ac \parallel bd$, dagegen 2 und 4 längs der Richtung $ad \parallel be$ polarisirt sein. Es wird dann für eine gewisse Stellung (Anfangslage oder Nullstellung) des Analysators die Helligkeit aller vier Felder dieselbe sein müssen; dieser Fall tritt ein, wenn die Polarisationsebene des Analysators parallel zur Richtung $ag \parallel bh$ (der Halbirungslinie von $\measuredangle cad$ bezw. $\measuredangle dbe$) läuft oder darauf senkrecht steht. Dreht man aber den Analysator aus seiner Anfangslage heraus, so ändern sich die Felder paarweise ganz gleichmässig; stets ist die Helligkeit von 2 dieselbe wie die von 4 und ebenso sind 1 und 3 immer gleich hell (Fig. 2). Das so hergestellte viertheilige Gesichtsfeld ist nichts weiter als eine *Verdoppelung* eines gewöhnlichen zweitheiligen Halbschattens 1, 2 oder 3, 4.

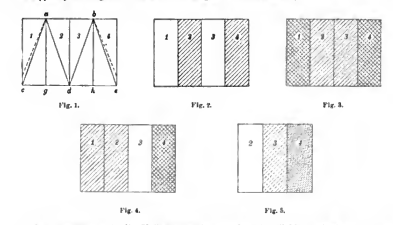


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4. Fig. 5.

Anders gestaltet sich die Helligkeitsänderung der vier Felder bei einer Analysatordrehung, wenn man die Polarisationsrichtung ac (Fig. 1) des Feldes 1 um ebensoviel nach links dreht wie diejenige be des Feldes 4 nach rechts, sodass sie die *punktirt* gezeichneten Lagen erhalten. Hierdurch treten in der Nullstellung des Analysators die äusseren Felder 1 und 4 um gleichviel hervor gegenüber den inneren 2 und 3, die ihrerseits gleich hell bleiben (Fig. 3), und es geht bei einer Drehung des Analysators jenes Spiel vor sich, welches dem Kontrastprinzip eigen ist: Während der Kontrast zwischen den Feldern 1 und 2 sich vermindert, vermehrt sich *gleichzeitig* und um den gleichen Betrag derjenige zwischen den Feldern 3 und 4 (Fig. 4) und umgekehrt. Hierauf aber beruht zum grossen Theile die Ueberlegenheit des Kontrastprinzips gegenüber der Einstellung auf gleiche Helligkeit.

Gleichzeitig sind in dieser Anordnung der Felder die bisher gebräuchlichen Halbschattenprinzipe mitenthalten. Während die mittleren Felder 2 und 3 den gewöhnlichen *zweitheiligen* Halbschatten vorstellen, bei dem auf *gleiche Helligkeit* eingestellt wird, verwirklichen die Felder 1, 2, 3 sowohl wie die Felder 2, 3, 4 das Lippich'sche dreitheilige Gesichtsfeld.

Bei letzterem Prinzip darf aber die Abweichung der Polarisationsrichtungen der äusseren Felder 1 und 3 (bezw. 2 und 4) von der Parallelität nur so gross sein, dass bei einer gewissen Stellung des Analysators (Nullstellung) zwar beide äusseren Felder gegenüber dem mittleren eine Intensitätsdifferenz besitzen, welche jedoch *unterhalb der Schwelle der Beobachtung* bleibt und von verschiedenem Vorzeichen ist (in Fig. 5 durch Strichelung angedeutet). Dreht man jetzt den Analysator nach rechts, so wird die Intensitätsdifferenz der Felder 3 und 4 gleich Null, diejenige der Felder 2 und 3 tritt *über* die Schwelle; dreht man nach

links, so werden Felder 2 und 3 gleich hell und die Intensitätsdifferenz zwischen 3 und 4 tritt *über* die Schwelle.

Man stellt hierbei also nicht, wie beim viertheiligen Gesichtsfeld (Fig. 3), auf gleich starken Kontrast ein, welcher in der Nullstellung noch *deutlich sichtbar* ist, sondern es bleibt der Kontrast unterhalb der Schwelle, sodass die 3 Felder trotz verschiedener Intensität den Eindruck gleicher Helligkeit machen. Nach Lippich ist das auf dem dreitheiligen Gesichtsfeld beruhende Prinzip, welches kurz das *„Prinzip des Schwellenkontrastes"* genannt werde, doppelt so empfindlich, wie die Einstellung auf gleiche Helligkeit mittels nur zweier Felder.

Es scheint, als ob das neue „Kontrastpolarimeter" die Genauigkeit des Lippich'schen dreitheiligen Halbschattens (Polarimeter mit Schwellenkontrast) noch übertrifft. Jedenfalls ist bei dem neuen Polarimeter der Umstand von geringerer Bedeutung, dass die Grenzen zwischen je 2 Feldern nicht vollständig zum Verschwinden gebracht werden können, welcher die Einstellung auf gleiche Helligkeit störend beeinflusst.

Eingehende Versuche über die relative Empfindlichkeit der verschiedenen Prinzipe sollen angestellt werden, nachdem von Schmidt & Haensch eine Nicolvorrichtung angefertigt ist, bei der man die Grösse des Halbschattens sowohl als auch diejenige des Kontrastes beliebig ändern kann. Zugleich soll versucht werden, ob man nicht den spektralen Strahlengang auch bei diesem Kontrastpolarimeter in ähnlicher Weise einführen kann, wie bei dem im vorigen Berichte ausführlich besprochenen neuen Halbschattenprinzip, erzeugt durch ein totalreflektirendes, an seiner Hypotenusenfläche theilweise versilbertes Prisma.

IV. Arbeiten der wissenschaftlichen Gäste der Abtheilung I. Professor Goldstein's Untersuchungen über Kathodenstrahlen.

Professor Goldstein setzte seine im vorigen Thätigkeitsbericht erwähnte Untersuchung über die Färbungen, welche an sonst farblosen Salzen durch Kathodenstrahlen hervorgerufen werden, fort. Die Färbungen der hauptsächlich untersuchten Salze Chlornatrium, Chlorkalium, Bromkalium und Jodkalium verlieren sich mit der Zeit, und die Salze gehen in den gewöhnlichen Zustand zurück. Während im vorigen Jahre die Ursache dieser Rückbildung noch völlig unbestimmt blieb, zeigte sich jetzt, dass das Licht (Tageslicht oder künstliche Beleuchtung) einen erheblichen Einfluss auf diese Rückbildung besitzt. Die farbigen Salze erweisen sich als im hohen Grade lichtempfindlich. Auch durch Erwärmungen, die noch unter 100° C. liegen, wird der Rückgang in die Ursubstanz beschleunigt, durch Abkühlung unter Zimmertemperatur verzögert.

Ein Bericht über diese Erfahrungen ist in dem *Sitzungsber. d. Berliner Akademie d. Wissenschaften vom 14. November 1895* gegeben. Neuerdings hat sich gezeigt, dass die Färbungen und die mit ihnen verknüpften sonstigen Aenderungen der Salze in schwächerem, aber noch sehr deutlichem Grade auch hervorgebracht werden, wenn man über die betreffenden Salze in freier Atmosphäre den Entladungsfunken einer Leydener Flasche gehen lässt. Ferner wurde die Einwirkung der Kathodenstrahlen auf zahlreiche Mineralien und verschiedene technische Produkte untersucht. Wurde der einige Zeit durch Kathodenstrahlen getroffene Theil einer Glasfläche mit Flusssäure benetzt, so wurde dieser Theil matt, während die unbestrahlten Flächentheile blank blieben. Versuche, ein methodisches Aetzungsverfahren auch für sonst schwieriger zu ätzende Glassorten und andere Substanzen darauf zu basiren, sind noch nicht abgeschlossen.

C. Zweite (Technische) Abtheilung.

Dienstgebäude der Abth. II.

Im vergangenen Jahre wurde mit dem Bau des Hauptgebäudes und Direktor-Wohnhauses begonnen. Beide sind im Rohbau fertiggestellt. Das Hauptgebäude ist auch bereits mit Heizung und Fenstern versehen.

Gleichzeitig wurde die innere Einrichtung des Maschinenhauses und des Laboratoriumsbaues vollendet. Die bisher in der technischen Hochschule untergebrachten Laboratorien der Abtheilung II und die Werkstatt konnten daher schon jetzt sämmtlich theils nach diesen Neubauten, theils nach dem Observatorium der Abtheilung I übergeführt werden.

I. Präzisionsmechanische Arbeiten[1].

1. Präzisionsmessungen und wissenschaftliche Untersuchungen für die Reichsanstalt und den Bedarf der Technik.

Die Arbeiten dieser Art bezogen sich auf

A) Bestimmung der Gesammtlängen oder Theilungsfehler an 6 Maassstäben,

B) Prüfung von 3 Mikrometerschrauben,

C) Ermittelung der Länge von 48 Endmaassen, welche theilweise systematisch unter einander verglichen wurden, sowie von einem Widerstandsrohre,

D) Arbeiten konstruktiven Charakters.

a) Beseitigung verschiedener Mängel an dem Longitudinalkomparator.

Dieses Instrument hatte durch die früher damit ausgeführten Ausdehnungsbestimmungen ziemlich gelitten und machte eine umfassende Reparatur erforderlich. Bei dieser Gelegenheit wurden verschiedene Verbesserungen, welche sich bei dem Gebrauche als wünschenswerth herausgestellt hatten, zur Ausführung gebracht.

b) Herstellung der Zeichnungen für einen definitiven Transversalkomparator zu absoluten Ausdehnungsbestimmungen. Der Abschluss dieser Arbeit, an welcher der Vorsteher des Laboratoriums schon seit längerer Zeit thätig war, ist jetzt unmittelbar dringlich geworden, da einerseits die vorhandene primitive Vorrichtung für diesen Zweck eben nur höchst nothdürftig ausreicht, und weil andererseits auf Grund des Projektes die erforderlichen Fundamentirungen in dem für dieses Instrument vorgesehenen Raume des Neubaues demnächst in Angriff zu nehmen sein werden.

c) Herstellung eines kräftigen Meterstabes mit trogförmigem Querschnitt aus Stahl, welcher zur Grundlage feinerer Messungen an stählernen Gegenständen dienen soll.

d) Angabe einer einfachen Vorrichtung zur Bestimmung des Durchmessers hinterdrehter Schraubenbohrer (*diese Zeitschrift* **15.** *S. 459. 1895*).

2. Gröbere Messungen für die Technik.

A) Prüfung von Theilungen, Leitspindeln, Messwerkzeugen, Kaliberbolzen, Reibahlen u. dergl.

B) Prüfung und Beglaubigung von Schraubengewinden.

Eingesandt wurden 61 einzelne Bolzengewinde,
davon wurden beglaubigt 18 Stück,
nur geprüft 41 „ .

Von letzteren stellten 23 Stück zwar das metrische Gewinde dar, konnten aber nicht beglaubigt werden, weil sie wegen der Härtung eines Theiles der Bolzen die Bestimmungen für die Beglaubigung nicht erfüllten.

Der Rückgang dieser Arbeiten erklärt sich aus dem Umstande, dass der Verein deutscher Ingenieure in seiner Generalversammlung im August v. J. beschlossen hat, „angesichts des Widerspruches aus den Kreisen der deutschen Maschinenindustrie von weiteren Bemühungen um die Einführung des von ihm aufgestellten metrischen Gewindes in Deutschland allein Abstand zu nehmen."

3. Untersuchungen der thermischen Ausdehnung von Materialien.

Es wurden untersucht

20 Stahlrohre für astronomische Pendel, eingesandt von Cl. Riefler in München,
4 Stäbe aus Eisen-Nickel-Legirungen für den Verein zur Beförderung des Gewerbefleisses,
1 Meterstab aus Messing.

4. Untersuchungen über Legirungen und andere Materialien der Technik.

a) Der im vorjährigen Bericht erwähnte Gewichtssatz aus Konstantan ist noch nicht fertiggestellt, konnte daher auch nicht geprüft werden. Eine für Theilungseinlagen hergestellte Platin-Silber-Legirung (2 Ag, 1 Pt) erwies sich bei weiterer Bearbeitung, gleichwie andere früher zu diesem Zwecke untersuchte Materialien, als nicht genügend homogen.

[1]) Leman, Blaschke, Göpel.

b) Geprüft wurden auf ihre Bruchfestigkeit sechs Scheiben aus einer Harzmasse für Isolirungszwecke.

c) Auf Ansuchen des Königlichen Meteorologischen Institutes in Potsdam wurde die Beschaffung einer harten, homogenen und unmagnetischen Bronce in die Hand genommen, welche als Material für sog. Trägheitsstäbe für die Bestimmung der Trägheitsmomente von Magneten dienen soll. Nach einer Reihe von Fehlversuchen wurde schliesslich ein geeignetes Material durch die Kaiserliche Torpedo-Werkstatt in Friedrichsort geliefert.

5a. Prüfung von Gyrometern.

Es wurden geprüft im Ganzen 9 Stück und zwar

5 mit vertikal stehender Achse,
4 „ geneigt liegender „ ;

ausserdem sind noch einzelne Instrumente in halbfertigem Zustande zur Vorprüfung eingereicht worden; einige andere mussten mangelhafter Beschaffenheit wegen ungeprüft zurückgegeben werden.

Eine Veröffentlichung über die für die Prüfung benutzten Methoden und Einrichtungen ist inzwischen im Druck erschienen[1]).

5b. Untersuchungen über den Ungleichförmigkeitsgrad im Gange rotirender Maschinen.

Schon im vorjährigen Bericht ist erwähnt worden, dass bei Tourenzahlen von 150 bis 400 pro Minute der Ungleichförmigkeitsgrad mit hinreichender Genauigkeit mittels des Braun'schen Gyrometers bestimmt werden kann, unter der Voraussetzung allerdings, dass die zu untersuchende Maschine während einer Umdrehung höchstens eine einmalige Kraftzufuhr erfährt. Ebenso ist hervorgehoben worden, dass für Maschinen mit mehrfacher Kraftzufuhr während einer Umdrehung die Gyrometer nicht mehr ausreichen, da eine theilweise Ueberdeckung ihrer Schwankungen die quantitative Schätzung unrichtig macht.

Die für solche Maschinen ausgearbeitete Methode mittels der schreibenden Stimmgabel war noch hinsichtlich der mit ihr zu erreichenden Genauigkeit zu untersuchen.

Von diesem Gesichtspunkte ausgehend wurden nunmehr zunächst verschiedenartige Untersuchungen angestellt, um die Grösse der zu befürchtenden Fehler und deren Einfluss auf das Ergebniss der Methode kennen zu lernen. Diese Versuche haben einerseits dargethan, dass die erreichte Genauigkeit ausreichend ist, gleichzeitig aber auch noch zu einem wichtigen Nebenresultat geführt, welches geeignet erscheint, die Anschauungen in der vorliegenden Frage wesentlich zu klären. Es hat sich nämlich herausgestellt, dass man zu unterscheiden hat zwischen dem eigentlichen theoretischen Ungleichförmigkeitsgrade, dessen Definition auf die Voraussetzung gegründet ist, dass die Geschwindigkeit der Maschine in ihrem stationären Bewegungszustande eine reine periodische Funktion der Zeit ist, und dem praktisch auftretenden, welcher sich von ersterem durch den Hinzutritt kurz verlaufender, vibratorischer Unregelmässigkeiten unterscheidet, die ihren Grund in dem fortwährend wechselnden Verlaufe elastischer Deformationen der Achse sowie des Schwungradkörpers finden. Es leuchtet ein, dass die Achse der Maschine unter dem unmittelbaren tordirenden Einflusse der wechselnden Kraftzufuhr grössere und unregelmässigere Schwankungen der Drehgeschwindigkeit aufweisen muss, als der vergleichsweise starre und träge Ring des Schwungrades, welcher mit jener durch die in gewissen Grenzen elastisch biegsamen Speichen in Verbindung steht. Der letztere wird nahezu die theoretische Ungleichförmigkeit der Bewegung zeigen, die Achse selbst aber die praktisch in Betracht kommende. Es ist ferner einzusehen, dass nur die Ungleichförmigkeit in der Bewegung des Schwungrad-*Ringes* durch Vermehrung seiner Masse beliebig herabgesetzt werden kann, während die der Achse höchstens durch Vermehrung der Anzahl der Antriebe während eines Umganges verkleinert werden könnte und selbst hierdurch nicht einmal mit Sicherheit und keinesfalls unter eine gewisse Grenze herab. Sie wird auch, da die elastischen Deformationen in verschiedenen Körpern auftreten und in denselben Schwingungen von sehr verschiedener Periode und Dauer hervorrufen, die sich schliesslich doch in der Drehung der Achse superponiren, stets

[1]) F. Göpel, Ueber die Prüfung und Untersuchung von Umdrehungszählern nach Dr. O. Braun. *Diese Zeitschrift* **16**, *S. 33. 1896.*

einen unbestimmten, sehr veränderlichen Charakter aufweisen. Daher ist diese praktische Ungleichförmigkeit kein sicher definirbarer Begriff, und es wird daher auch ihre Messbarkeit an einen gewissen natürlichen Grad von Unsicherheit geknüpft bleiben, der sich nicht beliebig einschränken lässt und an sich jeder noch so feinen Methode Trotz bietet. Eine ihrer Natur nach ständig veränderliche Grösse lässt sich eben nur insoweit bestimmen, als ihre Schwankungen den durchschnittlichen Betrag nicht überschreiten.

Die vollständige Auswerthung der Stimmgabeldiagramme hat gezeigt, dass die Methode den theoretischen Ungleichförmigkeitsgrad unter Berücksichtigung aller Fehlerquellen mit einem so hohen Grade von Genauigkeit liefert, dass damit jedes praktische Bedürfniss weit überholt wird, dass dagegen die sichere Bestimmung des *praktischen* Betrages an der eigenen Inkonstanz desselben scheitern muss, wenn derselbe kleiner ist als etwa 0,3%.

Diesen Ergebnissen gegenüber erscheint es als ausgeschlossen, durch eine andere Methode etwas Besseres zu erreichen; man würde eben höchstens zu gleich guten Ergebnissen kommen, jedenfalls aber auf weit umständlicherem Wege.

6. Prüfung von Stimmgabeln.

Eingegangen sind im Ganzen 34 Stück, davon wurden beglaubigt 24 und zwar

6 grosse auf Schallkästen,
18 kleine " " .

Geprüft und auf 256 Schwingungen abgestimmt wurden die übrigen 10, darunter eine unter Bestimmung des Temperaturkoëffizienten.

II. Elektrische und magnetische Arbeiten.

1. Einrichtungen für den Neubau[1].

Den grössten Theil der Arbeitszeit nahm neben den laufenden Prüfungsarbeiten die elektrische Einrichtung des Neubaues in Anspruch.

Es wurde aufgestellt von Motoren eine Dampfmaschine von 24 bis 40 Pferdestärken und ein Gasmotor von 12 Pferdestärken.

Die Dampfmaschine ist eine stehende Verbundmaschine der Firma G. Kuhn in Stuttgart-Berg und ist mit einer Innenpol-Dynamo J. 40 der Firma Siemens & Halske direkt gekuppelt. Es ist vorgesehen, dass die Dynamomaschine für Versuchszwecke auch als Elektromotor mitlaufen kann, indem sie Strom von den Akkumulatoren empfängt, sodass dann eine Arbeitsleistung bis zu 75 Pferdestärken zur Verfügung steht.

Ferner wurde von elektrischen Maschinen bis jetzt aufgestellt

1. eine Dreh- und Wechselstrommaschine von 16 *Kilowatt*, Modell R 26/24 der Firma Siemens & Halske. Dieselbe erlaubt sowohl durch verschiedene Schaltung der 4×3 Stromkreise, als auch durch verschiedene Gestalt der abnehmbaren Polschuhe die Form der Stromkurve zu variiren;
2. eine Dynamomaschine NG 50 der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft, welche sowohl als Motor für Versuchszwecke, wie auch als Reservemaschine zum Laden der Akkumulatoren mittels des Gasmotors dient;
3. eine kleine Gleichstrommaschine für 2000 *Volt* von der Elektrizitäts-Aktiengesellschaft vormals Schuckert & Co. Diese soll zur Ladung der Hochspannungsbatterie Verwendung finden.

Das Hauptschaltbrett ist nach den Entwürfen des elektrotechnischen Laboratoriums grösstentheils in der Werkstatt der Reichsanstalt gebaut worden. Dasselbe enthält 10 grosse doppelpolige Hebelumschalter mit je 12 Kontakten. Mittels derselben können die drei vorerwähnten grösseren Maschinen und die sieben für den Akkumulatorenraum vorgesehenen Batterien einzeln oder zu mehreren parallel auf Ladung oder auf allgemeine (Beleuchtungs-) Leitung oder auf eine von 7 Sonderleitungen für Experimentirzwecke oder schliesslich zu mehreren hintereinander auf eine besondere Serienleitung geschaltet werden. Für jede Stromquelle ist ein besonderer Strom- und Spannungsmesser Weston'scher Bauart (nach Entwurf der Reichsanstalt) vorgesehen, auch ist Vorkehrung getroffen, dass die von der allgemeinen Leitung in entfernten Räumen des Gebäudes entnommenen Stromstärken am Hauptschaltbrett gemessen werden können.

[1]) Feussner.

Von Akkumulatoren ist bis jetzt eine grössere Batterie Modell 112 der **Akkumulatorenfabrik Aktiengesellschaft** in Hagen aufgestellt; zwei bisherige Batterien von 36 Zellen wurden auf 60 Zellen ergänzt. Sämmtliche neuen Elemente sind nach besonderer Zeichnung der Reichsanstalt mit Glasabdeckung versehen worden, um den Akkumulatorenraum frei von zerstäubter Säure und eine bessere Isolation der Batterie zu erhalten. Die grosse Batterie kann mitteis eines Quecksilberumschalters ausser auf das Hauptschaltbrett auch in 6 Reihen parallel auf eine Ladungsleitung für zahlreiche im Laboratorium vertheilte Experimentirbatterien von je 8 Elementen oder in 12 Reihen parallel auf eine Leitung von 1000 *qmm* Querschnitt geschaltet werden, welche nach dem Aichungszimmer führt.

Die erwähnten 8-zelligen Experimentirbatterien sind in festen Schränken auf den Korridoren neben den Zimmern, in welchen sie gebraucht werden, untergebracht und jede mit einem Quecksilberumschalter versehen.

Ferner sind für die Prüfungen von Spannungsmessern und Elektrizitätsmessern 10 Batterien von 60 kleinen Akkumulatoren für 1 *Ampère* normale Stromstärke vorgesehen.

Für die bereits im vorjährigen Berichte erwähnte Hochspannungsbatterie wurde ein grosser eiserner Schrank mit 10 gut isolirt aufgehängten Rahmen für je 500 Elemente hergestellt. Mit dem Einbau der Elemente wird in der nächsten Zeit begonnen werden.

Von sonstigen Experimentireinrichtungen, welche fertiggestellt oder in Arbeit befindlich sind, ist namentlich ein grosser Beobachtungstisch für die Aichung von Elektrizitätsmessern und Strommessern, sowie ein grosser Regulirwiderstand für Ströme bis 6000 *Ampère* zu erwähnen.

2. Untersuchungen laut Arbeitsplan.

Von den induktions- und kapazitätsfreien Widerständen für hohe Spannungen wurden einige Modelle in Gebrauch genommen und haben sich gut bewährt. Die beabsichtigte genauere Untersuchung über diese Konstruktion konnte noch nicht in Angriff genommen werden.

3. Laufende Prüfungsarbeiten[1]*.*

Bei den laufenden Prüfungsarbeiten wurden

	geprüft	davon beglaubigt
Normalelemente	75	75
Akkumulatoren	12	—
Sonstige galv. Elemente	21	—
Bogenlichtkohlen	5 Sorten	—
Strom- und Spannungsmesser	46	3
Elektrizitätsmesser	39	—

4. Weston'sche und andere ähnlich zusammengesetzte Normalelemente.

Der absolute Werth der elektromotorischen Kraft derjenigen Cadmiumelemente, welche 16,7 Theile Cadmium auf 100 Theile Quecksilber im Amalgam enthalten und welche sich durch einen für praktische Zwecke verschwindend kleinen Temperaturkoëffizienten auszeichnen, wurde durch eine grosse Reihe silbervoltametrischer Messungen festgestellt. Als Mittel ergab sich $1{,}019_0$ (intern.) *Volt* zwischen 15 bis 20° C.

Ausserdem wurden auch Elemente mit geringerem Cadmiumgehalt untersucht; bei 1,2 % Cadmium beträgt ihre elektromotorische Kraft sehr nahe 1 *Volt*, doch ist der Temperaturkoëffizient grösser (etwa — 0,0003 *Volt* für 1 Grad Temperaturerhöhung).

Bei den Versuchen über die elektromotorische Kraft der Normalelemente wurden weitere Erfahrungen über das Silbervoltameter gesammelt. Namentlich zeigte sich, dass eine in neuerer Zeit wohl vorkommende Anordnung, bei welcher die Platinzuleitung zu der Silberanode mit der Lösung in Berührung steht, unzulässig ist, weil dann die Lösung leicht unter Ausscheidung von Silbersuperoxyd sauer wird, und es sich in Uebereinstimmung mit anderweitigen Beobachtungen gezeigt hat, dass dann ein zu geringer Silberniederschlag entsteht. Ferner wurde beobachtet, dass aus basischen Lösungen ein *grösserer*[2]) Silberniederschlag als aus genau neutralisirter Lösung von salpetersaurem Silber erhalten wird.

---

[1]) **Feussner, Reichardt,** O. **Schöne.**

[2]) In Uebereinstimmung mit früheren Beobachtungen von Dr. **Kahle**; vgl. *Rep. Electric. Stand. Committee Brit. Assoc. Edinburgh 1892, S. 17.*

5. Widerstandsmaterialien und Widerstände[1]).

a) Leitungs- und Widerstandsmaterial.

In der Berichtszeit gelangten 28 Proben verschiedenen Leitungsmaterials (Kupfer, Siliziumbronze) zur Untersuchung. In den meisten Fällen handelte es sich um Siliziumbronze-Draht von 7 bis 8 *mm* Durchmesser, in den anderen um Kupferdraht und verzinkten Telegraphendraht.

Anträge auf Prüfung von Widerstandsmaterial (Patentnickel u. s. w.) gingen nicht ein.

b) Isolationsmaterial.

Die Isolationsmessungen erstreckten sich auf 26 Porzellan-Isolatoren, 2 vulkanisirte Gummiadern und 12 Sorten verschiedenen Isolationsmaterials, darunter isolirende Pappen in verschiedenen Stärken; bei der letzten Untersuchung wurde unter Anderem auch der Druck variirt, mit welchem die Metallelektroden (Stanniolstreifen von 200 bezw. 400 *qcm* mit Gummiunterlage) auf das Material gepresst wurden. Mit der innigeren Berührung durch wachsenden Druck tritt bei solchen Materialien naturgemäss eine sehr erhebliche Verminderung des Isolationswiderstandes ein.

Die Prüfung der Porzellan-Isolatoren erfolgte auf die im vorjährigen Bericht angegebene Weise.

c) Widerstände.

Die Zahl der geprüften Einzelwiderstände beträgt 79, die der Widerstandsätze (Kästen, Wheatstone'sche Brücken, Kompensationsapparate) 13 mit über 300 einzelnen Abtheilungen. Die nachstehende Tabelle giebt über die bei der Abgleichung antragsgemäss zu Grunde gelegte Einheit und das verwandte Widerstandsmaterial Aufschluss.

Der Abgleichung zu Grunde gelegte Einheit		
$106{,}3 \frac{cm}{mm^2} Hg_0$	$106{,}0 \frac{cm}{mm^2} Hg_0$	$100{,}0 \frac{cm}{mm^2} Hg_0$
85	6	1

Verwandtes Widerstandsmaterial			
Manganin	Konstantan	Nicht angegeben, ob Manganin oder Konstantan	Neusilber u. s. w.
83	2	4	3

In den 3 Fällen, in welchen die Tabelle Neusilber als Widerstandsmaterial aufführt, handelte es sich, mit Ausnahme eines für rohe Messungen bestimmten Apparates, um die Nachprüfung älterer Widerstände. 87 Einzelwiderstände und Widerstandssätze waren genau nach den Modellen der Reichsanstalt gearbeitet; davon gingen 49 Apparate nachweislich ins Ausland (nach Amerika 19, England 18, Oesterreich-Ungarn 6, Schweiz 3, Russland, Italien, Dänemark je 1). Von allen 92 Widerstandsapparaten wurden nur 4 auf Antrag als Gebrauchswiderstände, alle anderen als Präzisionswiderstände geprüft.

d) Gebrauchsnormale.

Vier Drahtnormale von 1 *Ohm* sind im Januar 1896 in der I. Abtheilung mit den dortigen Quecksilbernormalen wiederum verglichen worden. Das Resultat ist nebst den Ergebnissen früherer Vergleichungen[2]) in der folgenden Tabelle aufgeführt. In Zukunft sollen stets die beiden älteren, nach dem legalen *Ohm* abgeglichenen Büchsen Nr. 23 (Patentnickel) und Nr. 139 (Manganin), sowie die neueren, nach internationalem *Ohm* justirten Normale 1_A und 1_C (beide aus Manganin) zu diesen Messungen herangezogen worden.

[1]) Lindeck.

[2]) Die in dem vorjährigen Thätigkeitsbericht mitgetheilten absoluten Werthe der Normale 23 und 139 sind um 0,003 % grösser wie die obigen *richtigen* Angaben, da damals die definitive Berechnung des Werthes der zu Grunde liegenden Quecksilbernormale der Abtheilung I noch nicht durchgeführt war.

Bezeichnung des Widerstandes	Werthe in leg. *Ohm* bei 18° C.			
	October 1892	November 1893	Mai 1894	Januar 1896
23	0,999769	0,999774	0,999797	0,999762
139	1,000563	1,000601	1,000603	1,000612
1_A	—	—	1,002719	1,002718
1_C	—	—	—	1,002763

e) Veröffentlichungen.

In der Berichtszeit ist in dem zweiten Band der „Wissenschaftlichen Abhandlungen" eine Veröffentlichnng über „Die elektrischen Drahtwiderstände der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt" von K. Fenssner und St. Lindeck erschienen (vgl. den Anhang). Die Arbeit ist eine zusammenfassende Darstellnng der Untersnchungen der Reichsanstalt anf diesem Gebiet seit 1889, welche in den Abschnitten I und II die bisherigen Veröffentlichnngen durch Mittheilung von Zahlenergebnissen ergänzt (Widerstandsänderung von Metalllegirungen durch Biegen und Erwärmen, Neubeschreibung der Konstruktion der Widerstände, Angaben über die zulässige Strombelastung); die Abschnitte III und IV enthalten eine Beschreibung der Messanordnung für die Vergleichung von Widerständen und ausführliches Zahlenmaterial zur Beurtheilung der Haltbarkeit von Drahtwiderständen[1]).

f) Anderweite Untersuchungen.

Im Zusammenhang mit der Frage der Störungen physikalischer Institute durch die Erdströme benachbarter elektrischer Bahnen wurde eine Untersuchung der Leitungsfähigkeit von Zement und Beton durchgeführt. Es ergab sich als Resultat der inzwischen veröffentlichten Arbeit[2]), dass die Art des Unterbaues elektrischer Bahnen, wie sie zur Zeit in Deutschland vielfach üblich ist (Schienen auf Zementbeton-Unterlagen), die Ausbildung der störenden Erdströme stark begünstigt. Ein „Asphaltbeton" genanntes Material, auf das Professor Ulbricht aus Dresden in seinem im vergangenen Jahr im Elektrotechnischen Verein zu Berlin gehaltenen Vortrag zuerst die Aufmerksamkeit lenkte, hat, sehr im Gegensatz zu Zementbeton, nicht nur einen ausserordentlich hohen spezifischen Widerstand, sondern ist namentlich auch für Wasser undurchlässig.

Wahrscheinlich würde der Austritt von Strom aus den Schienen zum grössten Theil vermieden werden, wenn man die Schiene nicht direkt in Zementbeton, sondern zunächst in eine Schicht von Asphaltbeton einbetten würde.

g) Uebrige Untersuchungen laut Arbeitsplan.

Die beabsichtigten Untersnchungen über die Haltbarkeit von Blechwiderständen und die Herstellung von hohen Widerständen nach dem Kundt'schen Verfahren konnten nicht durchgeführt worden, da die anderen Arbeiten die Zeit der verfügbaren Hülfskräfte vollauf in Anspruch nahmen.

6. Magnetische Untersuchungen[3]).

Während der Berichtszeit gingen 13 Proben verschiedener Stahl- und Eisensorten, hauptsächlich Gussmaterial, zur Prüfung ihrer magnetischen Eigenschaften ein.

a) Prüfung magnetischer Materialien.

Im vorigen Berichte war bereits erwähnt worden, dass einige Stahlgussproben den besseren Sorten des weichen schwedischen Schmiedeeisens gleich kamen. Ein Versuch hat nun ergeben, dass ein solcher Stahlguss nach gleichmässigem Ausglühen kaum noch hinter dem *besten* schwedischen Schmiedeeisen zurückstand.

b) Aichung von Apparaten zur Untersuchung magnetischer Materialien.

Es wurden zwei von der Firma Otto Wolff in Berlin eingesandte du Bois'sche magnetische Waagen geprüft und geaicht. Dies geschah in der im vorigen Berichte (*diese Zeitschrift 15. S. 330. 1895*) angegebenen Weise. Wegen der weiter unten erwähnten Ungleichmässigkeiten von Eisen und Stahl war es indessen möglich, dass das Material des zur Aichung benutzten Normalstabes mit dem des magnetometrisch untersuchten Ellipsoïdes in magnetischer Hinsicht nicht völlig übereinstimmte. Um nun bei der Prüfung der Waage und bei der magnetometrischen Untersuchung das *gleiche* Stück verwenden zu können, wurden

[1]) Vgl. auch den Auszug aus dieser Arbeit in *dieser Zeitschrift 15. S. 394 und S. 425. 1895.*

[2]) *Elektrotechn. Zeitschr. 17. S. 180. 1896.*

[3]) Ebeling, Schmidt.

neuerdings einige in der Waage geprüfte Stäbe aus Schmiedeeisen und weichem Stahl zu Ellipsoïden abgedreht und diese darauf magnetometrisch untersucht.

Im Verlauf der Versuche hat sich ergeben, dass sich die Scheerungslinien der Waage ändern für Stäbe, deren Querschnitt von dem angegebenen Normalquerschnitt von 1 *qcm* stärker abweicht. Diese Aenderung war bereits nicht unerheblich, als ein von 1,128 auf 0,8 *cm* Durchmesser abgedrehter Stab in der Waage untersucht wurde. Es ist daher nothwendig, bei Benutzung der der Waage beigegebenen Scheerungslinien Stäbe von möglichst normalem Querschnitt zu verwenden.

c) Fortsetzung der Versuche, welche die Vergleichung der verschiedenen Untersuchungsmethoden für magnetische Materialien betreffen.

Im Bericht 1894/95 (*a. a. O. S. 331*) war darauf aufmerksam gemacht, dass die magnetischen Untersuchungen stark unter der Ungleichmässigkeit der Eisenmaterialien leiden. Man sah sich deshalb gezwungen, zunächst darüber Versuche anzustellen, ob es möglich sei, gleichmässiges Material aufzufinden oder herzustellen.

Da über diese Versuche in *dieser Zeitschrift* ***16.*** *S. 77. 1896* ausführlich berichtet ist, so seien hier nur die gewonnenen Resultate kurz angegeben.

α) Prüfung der magnetischen Ungleichmässigkeit und das Ausglühen von Eisen und Stahl.

Bei der Prüfung der magnetischen Homogenität fand man eine Anzahl von Stäben, die verhältnissmässig wenig ungleich waren, während andere bedeutende Unregelmässigkeiten zeigten. Die geringsten Verschiedenheiten besass das gegossene Material. Von allen bisher untersuchten Stäben hat sich jedoch nur ein einziger, und zwar ein solcher aus Stahlguss, als merklich gleichmässig erwiesen.

Die Versuche, magnetisch ungleichmässige Materialien durch Ausglühen homogen zu machen, zeigten 1. dass dieselben in allen Fällen, wie man erwartet hatte, weicher wurden, 2. dass gleichmässiges Ausglühen zwar in jedem Falle vortheilhaft ist, dass man jedoch nicht jedes Material dadurch magnetisch homogen machen kann, 3. dass man durch ungleichmässiges Ausglühen das Material verschlechtert.

β) Verwendbarkeit der Eisenmaterialien für exakte magnetische Messungen.

Wie im Bericht 1894/95 (*diese Zeitschrift* ***15.*** *S. 331. 1895*) angegeben ist, soll der Versuch gemacht werden, den vergleichenden Bestimmungen der magnetischen Untersuchungsmethoden ausser dem Ellipsoïd auch den geschlossenen Ring zu Grunde zu legen. Für diesen letzteren Fall muss man naturgemäss erhöhte Anforderungen an die Gleichmässigkeit des Materials stellen, weil man grössere Stücke verarbeiten muss.

Zunächst schien es, als ob sich Walzeisen hierfür brauchbar erweisen würde, weil dasselbe durch Ausglühen sehr wenig in seinen magnetischen Eigenschaften geändert wurde, also eine gewisse Zähigkeit zeigte, dieselben festzuhalten. Einzelne Stäbe dieses Materials erwiesen sich auch bei der Untersuchung als magnetisch recht homogen.

Als man jedoch mehrere Stäbe, die theils in der Walzrichtung, theils senkrecht dazu herausgesägt waren, miteinander verglich, zeigten dieselben derartige Unterschiede, dass man nicht erwarten konnte, ein brauchbares Resultat für den Ring zu gewinnen.

Nach den unter *α*) angeführten Ergebnissen ist nunmehr jedoch zu erwarten, dass *gegossenes* Eisen für exakte magnetische Untersuchungen geeignet sein wird. Freilich wird man auch hier nicht ohne die Unterstützung und das Entgegenkommen der Eisengiessereien zum Ziele gelangen.

d) Beziehung zwischen elektrischer Leitungsfähigkeit und Magnetisirung.

Da die Untersuchung der magnetischen Gleichmässigkeit von Eisenstäben nach der Jochmethode sehr viel Zeit in Anspruch nahm, suchte man nach einem einfacheren Prüfungsmittel. Ein solches fand man in der elektrischen Leitungsfähigkeit. Nähere Angaben über die Untersuchungsart und die gewonnenen Resultate sind in *dieser Zeitschrift* ***16.*** *S. 87. 1896* in einer kurzen Veröffentlichung gegeben.

(Fortsetzung folgt.)

Referate.

Ueber die Bestimmung der Masse eines Kubikdezimeter destillirten luftfreien Wassers im Maximum der Dichte.

Von J. Macé de Lépinay. *Compt. rend.* ***122.*** *S. 595. 1896.*

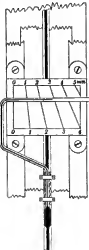
Die Ausführung der vom Verfasser früher beschriebenen Versuche, über welche in *dieser Zeitschrift* ***15.*** *S. 227. 1895* berichtet ist, ergab die Beziehung

1 Milliliter = 1,000046 *ccm*

oder, was dasselbe bedeutet, ergab, dass die Masse eines Kubikdezimeter luftfreien Wassers im Maximum der Dichte gleich 0,999954 *kg* ist. Auf Grund der in der Mittheilung angedeuteten Beobachtungsfehler ist nach Angabe des Verfassers dieser Werth mit einer Unsicherheit von 6 Einheiten der sechsten Stelle behaftet. *Schl.*

Mechanische Ermittlung der Temperaturkorrektion eines Barometers.

Von John Shields. *Phil. Mag. (5)* ***41.*** *S. 406. 1896.*



Das beschriebene Instrument zur mechanischen Ermittlung der Temperaturkorrektion ist nur für solche Heberbarometer verwendbar, deren untere Kuppe zum Zwecke der Beobachtung des Luftdrucks durch Vertikalverstellung des ganzen Barometerrohres auf den Nullpunkt einer hinter dem Rohre befindlichen Skale eingestellt wird. Die Vorrichtung (vgl. d. Fig.) besteht im Wesentlichen aus einem mit dem Barometerrohre fest verbundenen, ungetheilten Thermometer, dessen horizontal umgebogene Kapillare sich bei der Vertikalverstellung des Barometerrohres vor einer mit der Skale des Barometers fest verbundenen getheilten Tafel bewegt. Die Theilung der Tafel, in welcher der Stand der Quecksilberkuppe direkt die anzubringende Temperaturkorrektion abzulesen gestattet, gründet sich einmal auf den Umstand, dass bei den für die Anwendbarkeit der Methode vorausgesetzten Barometern bei der Vertikalverstellung die Verschiebung eines jeden Punktes des Rohres in erster Annäherung proportional der Aenderung des Barometerstandes ist; ferner ist die Theilung der Tafel abhängig von dem Gradwerthe des Thermometers. *Schl.*

Differential-Thermoskop (Doppel-Thermoskop).

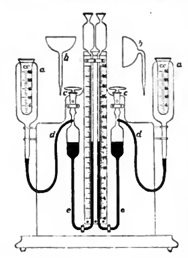
Von Looser. *Zeitschr. f. phys. und chem. Unterr.* ***8.*** *S. 291. 1895.*

Das Manometer von Szymański, das Aneroïd-Thermoskop von G. Karsten (*a. a. O.* ***3.*** *S. 141*) und das Vorlesungsthermometer von W. Holtz (*a. a. O.* ***3.*** *S. 66*) haben sich als Anzeiger des Wärmezustandes bei Vorlesungsversuchen durchaus bewährt. Mit dem Differential-Thermoskop von Looser ist ein weiterer wichtiger Fortschritt gemacht worden, indem hier die Rezeptoren und die vielen Nebenapparate den mannigfaltigen Erfordernissen der verschiedenen Schulversuche äusserst zweckmässig angepasst worden sind. Looser's Indikatoren sind zwar nicht so empfindlich wie der Holtz'sche Anzeiger; aber man kann bei Versuchen, wo ganz geringe Aenderungen des Wärmezustandes noch deutlich nachgewiesen werden sollen, bequem einen der Indikatoren des Apparates durch den Holtz'schen Anzeiger ersetzen.

Als Indikatoren dienen bei dem Differential-Thermoskop zwei U-förmig gebogene Röhren *e* (vgl. die Fig.), die an beiden Enden erweitert sind. Ueber den äusseren Erweiterungen sitzen Glashähne, die gestatten, die Luft über der Indikatorflüssigkeit (Lösung von Indigo in Alkohol) mit der äusseren Luft in Verbindung zu setzen. Die Skalen sind in halbe Zenti-



meter eingetheilt. Die Gummischläuche *d* verbinden die Indikatoren mit den Rezeptoren. Der am meisten gebrauchte Rezeptor, die Kapsel *a*, besteht aus einer in *ccm* getheilten Röhre, an die eine andere sie umgebende angeschmolzen ist, welche sich zu einem Schlauchansatz verjüngt und von zwei Ringen getragen wird. In die innere Röhre werden passende Gläschen mit der zur Verwendung kommenden Flüssigkeit eingesetzt. Die Kapsel *a* kann bei gewissen Versuchen durch eine Halbkugel *b* mit gerader oder rechtwinklig gebogener Röhre oder durch eine zweitheilige Glaskapsel ersetzt werden. Die Beschreibung der übrigen sehr einfachen Nebenapparate und der zahlreichen damit anzustellenden Versuche über die Ausdehnung der Körper, Wärmeleitung, strahlende Wärme, spezifische Wärme, Wärme und Arbeit, Wärme durch Verdichtung von Gasen und Dämpfen, Wärme bei Veränderung des Aggregatzustandes, Wärme bei chemischen Verbindungen, Wärmewirkungen des elektrischen Stromes, sowie die Verwendung des Apparates als Manometer muss in der Originalarbeit nachgelesen werden. Auf jeden Fall gestattet der Apparat eine äusserst bequeme und vielseitige Verwendung bei Unterrichtsversuchen.



Er ist mit den Nebenapparaten (ausgenommen die elektrischen Scheiben und die Krystallplatten) durch die Firma Müller & Meiswinkel in Essen für 125 bis 130 M. zu beziehen. Die Firma giebt das Thermoskop und sämmtliche Nebenapparate kostenfrei zur Prüfung. Sie hat für das In- und Ausland Patent angemeldet. *H. H.-M.*

Fortpflanzung des Magnetismus im Eisen.

Von Dr. J. Hopkinson und E. Wilson. *Journ. Inst. of Electrical Engineers.* **24.** *S. 194. 1895.*

Die Verfasser knüpfen an die bekannte Thatsache an, dass grosse Dynamomaschinen mit starken Eisenquerschnitten sich langsamer erregen als kleine. Eine ähnliche Verzögerung in der Entstehung der Magnetisirung beobachtet man, wenn man Elektromagnete von grossen Querschnitten mit ballistischen Galvanometern untersucht; die durch Kommutiren des primären Stromes erfolgende Ummagnetisirung geschieht oft so langsam, dass die dritte Elongation der Galvanometernadel, welche im Sinne der ersten vor sich geht, grösser wird als die zweite, welche entgegengesetzt der Kraftrichtung des Stromstosses verläuft. Die Verzögerung erklärt sich durch die Selbstinduktion der primären Spule und die Wirbelströme im Eisen. Theilung des Eisenkörpers in Bleche oder Drähte hebt die Verzögerung nicht auf, da die Wirkung der Selbstinduktion bleibt; die letztere kann aber durch Einschaltung grösserer induktionsfreier Widerstände in den Primärkreis vermindert werden. Dass man durch dieses Mittel die magnetische Verzögerung wesentlich herabdrücken kann, zeigte die Ummagnetisirung eines alten Westinghouse-Transformators. Wenn diese durch einen Strom von 2 *Volt* Spannung bewirkt wurde, so dauerte die Umkehr des Magnetismus 17 Sek.; wurde dagegen ein so grosser induktionsfreier Widerstand vorgeschaltet, dass 100 *Volt* in den Stromkreis eingeschaltet werden mussten, so war die Ummagnetisirung schon in 2 Sek. vollendet.

Die vorliegenden Untersuchungen beschäftigen sich nur mit den Vorgängen in ungetheiltem Eisen und dienen speziell dem Studium der Wirbelströme. Ein kurzer Eisenzylinder von 30 *cm* Durchmesser wird durch zwei Spulen magnetisirt; der magnetische Kreis ist durch einen übergeschobenen Hohlzylinder von der Höhe des Vollzylinders und zwei Deckplatten geschlossen. Der innere Zylinder ist in halber Höhe mehrfach fein durchbohrt, sodass drei

Sekundärspulen von gleichem Querschnitt im Innern angebracht werden können. Die erste von diesen liegt in der Mitte des Zylinders (1), die zweite um die halbe Länge eines Radius von der ersten entfernt (2), die dritte in der Nähe der Oberfläche (3).

Den primären Spulen ist eine Lampenbatterie vorgeschaltet, sodass die Wirkung der Selbstinduktion sehr vermindert wird. Beim Kommutiren des Stromes wird dieser nicht unterbrochen, sondern die primäre Spule wird kurz geschlossen. Mit den drei Sekundärspulen ist je ein Galvanometer vom d'Arsenval-Typus verbunden, dessen Bewegung photographisch registrirt wird. Die Ausschläge dieser gut gedämpften Galvanometer geben direkt die Geschwindigkeit der Aenderung der magnetischen Induktion an.

Berichtet wird über Messungen an allen 3 Sekundärspulen bei den magnetisirenden Kräften $\mathfrak{H} = 1{,}2$, $\mathfrak{H} = 2{,}4$, $\mathfrak{H} = 6$, $\mathfrak{H} = 11$ und $\mathfrak{H} = 24$. Die Ergebnisse sind folgende.

Die Aenderung des magnetischen Zustandes kann sehr lange andauern, noch nach 420 Sek. waren Ablenkungen der Galvanometer nachweisbar. Bei allen Feldstärken wächst der Ausschlag des Galvanometers der äusseren Spule stets am schnellsten an, langsamer sind die Aenderungen in der mittleren, am langsamsten in der inneren Spule. Die Kurven, welche die Schnelligkeit der Aenderungen darstellen, sind nach der Stärke der magnetisirenden Kraft und der Lage der Spulen von ganz verschiedenem Charakter. Die Kurven der äusseren

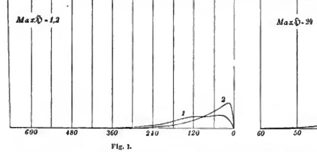


Fig. 1.

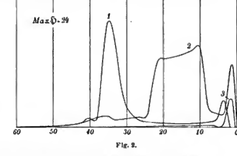


Fig. 2.

Spule haben nur ein einfaches Maximum, zu welchem sie um so schneller ansteigen, je grösser $\mathfrak{H}$ ist. Die Kurven der inneren Spulen haben bei grösseren $\mathfrak{H}$ zwei Maxima; das zweite Maximum tritt erst bei um so grösseren Feldstärken auf, je weiter die Spule nach aussen liegt. (Spule 1 zeigt zwei Maxima schon bei $\mathfrak{H} = 2{,}4$, Spule 2 erst bei $\mathfrak{H} = 6$.) Der Anstieg der beiden Maxima geschieht um so schneller, je grösser $\mathfrak{H}$ ist. Die Gestalten sämmtlicher Kurven, besonders der mit doppeltem Maximum, sind sehr verwickelt und unregelmässig. Die Fig. 1 und 2 geben die Kurven für $\mathfrak{H} = 1{,}2$ und $\mathfrak{H} = 24$.

Der Erklärung der obigen Ergebnisse ist wenig Raum gegönnt. Offenbar muss die verzögernde Wirkung der Wirbelströme in der Mitte des Eisenquerschnittes am grössten sein, weil dort die magnetische Kraft derselben am grössten ist. Die Entstehung zweier Maxima bei stärkeren magnetisirenden Kräften erklärt sich durch die grosse Permeabilität des Eisens bei geringeren Werthen der primären Stromstärke, welche aus der Form der Hysteresiskurve hervorgeht. Hierbei ist auch die von den Wirbelströmen erzeugte magnetische Induktion am grössten, und diese wirkt der Aenderung der Kraftlinienzahl am stärksten entgegen. Bei stärkeren Strömen, d. h. am Anfang und Ende des Kommutirungsvorganges, ist die magnetische Induktion, welche die Wirbelströme hervorrufen, geringer, die Kraftlinienzahl kann sich schneller ändern, die Kurve für die Geschwindigkeit der Aenderung wird also am Anfang und am Ende ein Maximum haben.

Aus den besprochenen Resultaten kann man noch auf die Vorgänge in Eisenzylindern von anderen Querschnitten Schlüsse ziehen; die Kurven müssen den obigen geometrisch ähnlich sein und gleiche Stadien müssen eintreten in Zeiten, welche sich verhalten wie die Querschnitte. So würde in einem Draht von 1 *mm* Durchmesser die Ummagnetisirung



90000-mal so schnell vollendet sein wie oben, also bei $\mathfrak{H} = 24$ in $^1/_{2000}$ Sek., bei $\mathfrak{H} = 2,4$ in $^1/_{200}$ Sek.

Die Verfasser theilen zum Schluss einige Versuche mit langsam pulsirendem Wechselstrom mit, welcher durch eine konstante elektromotorische Kraft und einen periodisch veränderten Flüssigkeitswiderstand hervorgebracht wurde. Ein zylindrischer Stab von 10 *cm* Dicke wurde bei einer Periodendauer von $T = 80$ Sek. und $T = 20$ Sek. und bei $\mathfrak{H} = 22$ untersucht; die 3 sekundären Prüfungsspulen waren konzentrisch. Bei 20 Sek. geschah die Aenderung der Kraftlinienzahl in der äussersten Spule doppelt so schnell als bei 80 Sek., in der innersten Spule dagegen war kaum ein Unterschied vorhanden. Bei $T = 4$ Sek. war in der innersten Spule keine Induktion mehr nachweisbar. Die Phasenverschiebung der sekundären Stromkurven gegen die primäre wuchs mit der Periodenzahl. *Rr.*

Beitrag zur Theorie des Robinson'schen Schalenkreuz-Anemometers.

Von C. Chree. *Phil. Mag.* (5). **40.** *S. 63. 1895.*

Der Thiesen'schen Anemometerformel (*Repert. f. Meteor.* **5.** *1877*) für das Verhältniss der mittleren Umdrehungsgeschwindigkeit V der Schalenmittelpunkte zur Windgeschwindigkeit v liegt die Annahme zu Grunde, dass auf das Anemometer keine anderen Kräfte wirken als der Winddruck. Alle übrigen Einflüsse, insbesondere auch die Reibung, wurden von Herrn Thiesen als Korrektionsglieder behandelt, ein Verfahren, welches damals, als erst wenige Untersuchungen mit dem Anemometer angestellt waren, volle Berechtigung hatte und vielleicht auch noch heute hat.

Chree hat nun die Thiesen'sche Formel dahin erweitert, dass er ausser dem Winddruck auch das von den Reibungskräften herrührende Moment und das Trägheitsmoment in dieselbe einsetzt. Es entsteht alsdann ein ziemlich verwickelter Ausdruck, welcher unter der Annahme, dass die einzelnen Glieder integrabel sind und eine endliche Reihe bilden, in die folgende Form gebracht werden kann:

$$\frac{dv}{dt} = -a_0 - a_1 v - b_1 V - a_2 v^2 - 2 b_2 v V + c_2 V^2.$$

Dieser Ausdruck ist wenigstens zum Theil empirisch. Da aber eine vollkommene Definition der physikalischen Bedingungen dieses Problems und eine streng mathematische Lösung einstweilen nicht zu erwarten sind, so glaubte Verf., dass auch eine gewissermaassen provisorische Formel von Wichtigkeit ist, sobald sie den thatsächlichen Verhältnissen genügend entspricht. Dass dies im Allgemeinen der Fall ist, wird zunächst gezeigt, und es wird dann die Formel für einige Spezialfälle nach verschiedenen Richtungen hin diskutirt. Dabei ergeben sich die folgenden Schlussfolgerungen, welche im Wesentlichen mit bekannten experimentellen Ergebnissen übereinstimmen.

Bei stetigem Wind ist das Verhältniss der wahren Geschwindigkeit zu derjenigen der Schalen nahezu konstant, wenn der Wind stark, also die Reibung relativ klein ist. In diesem Falle müssen die Angaben zweier Anemometer in einem konstanten Verhältniss zu einander stehen. Bei schwachem Wind ist diese Uebereinstimmung nicht zu erwarten.

Ist der Wind nicht stetig, so erfolgen die Aenderungen in der Geschwindigkeit der Schalen viel langsamer als der Wechsel der Windgeschwindigkeit. Zeigt dieselbe nur kleine, aber schnelle periodische Schwankungen, so werden diese Wellen durch die Wirkung der Schalen geglättet, ohne einen merklichen Fehler in der mittleren Windgeschwindigkeit zu bewirken. Bei grossen und häufigen Schwankungen kommt jedoch zu diesem Ausglätten eine Uebertreibung der mittleren Geschwindigkeit hinzu, und zwar besonders dann, wenn die Zeit zwischen zwei auf einander folgenden Windstössen die Dauer der Stösse übertrifft.

Sg.

Neu erschienene Bücher.

Die Messtisch-Tachymetrie. Von F. W. Koch, Darmstadt 1895. 20 S. Fol. autogr., mit 3 Zeichnungen.

Der Verf., Eisenbahn-Abtheilungsingenieur in Darmstadt, führt in dieser vorläufig nur autographisch vervielfältigten kleinen Schrift (die ich mit seinem Einverständniss hier bespreche) seine Konstruktionen (D. R. P. a.) für tachymetrische Messtisch-Arbeit vor. Ref. hat sich zu oft als Anhänger der „Zahlenmethode“ bei den *wichtigsten* Tachymeterarbeiten bekannt, als dass man von ihm besondere Begeisterung für Messtischeinrichtungen im Allgemeinen erwarten könnte; er hat aber auch niemals geleugnet, dass es Vermessungsaufgaben giebt, bei denen die Messtisch-Tachymetrie der Theodolit-Tachymetrie überlegen ist, und war stets gern bereit, was ihm von Neuerungen am Tachymeter-Messtisch oder der Tachymeter-Kippregel zweckmässig erschienen ist, anzuerkennen. Manche der Neuerungen des Verf. sind ohnehin von der Frage: Theodolit- oder Messtisch-Tachymetrie unabhängig.

Der Verf. theilt die ganze Tachymetrie (deren Alter er stark unterschätzt) ein in 1. Messtisch-Kippregel-Methode, 2. Kreis- oder Zahlen-Tachymetrie und 3. Schieber-Tachymetrie. Ref. gestattet sich dazu die Bemerkung, dass diese Eintheilung nicht vollständig und nicht systematisch ist: die ganze selbstständige Bussolen-Tachymetrie scheint ausgeschlossen, wenn sie nicht stillschweigend zu 2. gerechnet werden soll; und doch ist zunächst als Hauptunterschied zwischen der Aufnahme auf offenem Land und der Aufnahme im Wald hervorzuheben, dass dort die Bussole nur allenfalls gelegentlich zur Orientirung zu verwenden ist, im Allgemeinen aber stets der Horizontalkreis des Theodolits oder, bei Messtischaufnahmen, die Ziehkante der Kippregel die Hauptrolle spielt, während hier zur Bestimmung der Richtung der Zielungen die Bussole unentbehrlich ist, sei es nun, dass man Züge mit einer kleinen Bussole mit distanzmessendem Fernrohr oder Messbandbussolenzüge legt. Ferner kann man „Zahlentachymetrie“ und „Kreistachymetrie“ doch nicht identifiziren, denn ausser dem Theodolit mit Höhenkreis und einer sehr grossen Zahl von speziell als „Tachymeter“ konstruirten und *Ablesungen* an Kreisen benützenden Instrumenten kann man ja auch die „Schiebetachymeter“ von Wagner oder Kreuter ganz ebenso wohl in „Theodolitform“ wie als Kippregeln verwenden.

Der Verf. will nun, durch seine langjährige Praxis in Tachymeterarbeiten veranlasst, aus den genannten „drei Tachymeterarten“ ein neues Verfahren ableiten. Seine Neuerungen bestehen in

I. einem neuen „Messtisch-Tachymeter“ und
II. dem Zylinder-Tachymeterschieber.

Das erstgenannte Instrument soll ein Universal-Instrument für den tracirenden Ingenieur sein. Der Horizontalkreis des theodolitartig gebauten Instruments ist durch einen kleinen Messtisch (ähnlich wie bei dem Ziegler-Hager'schen „Tacheographen“) ersetzt, dessen Zeichnungsblatt in der Mitte durchlocht werden muss. Der Höhenkreis hat Stirntheilung, damit der Beobachter seinen Standpunkt vor dem Fernrohrokular nicht zu verändern braucht, vielmehr bei wesentlich derselben Kopfhaltung den Höhenkreis ablesen kann, wie dies auch schon andere ausgeführt oder vorgeschlagen haben. Das Verfahren, den untern Faden des Fernrohrs auf einen bestimmten Dezimeterstrich zu stellen, sodass der Lattenabschnitt direkt abgelesen oder jedenfalls im Kopf gebildet werden kann, hält der Verf. für neu; es ist aber bekanntlich längst eingeführt und zweckmässig so zu ändern, dass für diesen untern Faden eine kleine Tafel oder besondere Marke, in der die Theilung beginnt, auf der Latte angebracht wird, während für den Mittelfaden eine zweite Tafel in Instrumentenhöhe vorhanden ist. Die „Doppelmikromirung“ des Verfassers ist sicher nicht einfacher. — Ein „Seitenmesstisch“ mit Seilscheibe wird seitlich an das Instrument angehängt und soll in Zukunft durch besonderes Gegengewicht balanzirt werden. — Der Zylinder-Tachymeterschieber endlich benutzt die Form der „logarithmischen Rechenwalze“ für die Tachymeter-Rechnungen. Nachdem neben die älteren geradlinigen Tachymeterschieber vor

einigen Jahren auch die Form der Rechenscheibe getreten ist (vgl. *diese Zeitschrift* **13.** *S. 96. 1893*), war zu erwarten, dass bald auch die neuste Form des logarithmischen Rechenwerkzeugs, mit zylindrischer Zunge, für einen Tachymeterschieber werde benutzt werden. Warum sich übrigens dieser immerhin etwas voluminöse Apparat des Verfassers besser für die Rechnung auf dem Feld (wenn doch einmal dort gerechnet werden soll) eignen würde als Tachymetertafeln oder die bereits vorhandenen Rechenschieber, kann Ref. nicht einsehen. Ich würde auch einige Abänderungen an diesem zylindrischen Schieber wünschen und jedenfalls nicht empfehlen, bei den Feldbeobachtungen stets *ganze* Grade des Höhenwinkels (für den Mittelfaden) beizubehalten, wie es der Verf. thut.

Was die Leistung des ganzen Apparats betrifft, so giebt der Verf. folgende Punktzahlen für die Stunde bei gutem Wetter an (die Punkte sind aufgenommen, ausgerechnet [„geschiebert"] und aufgetragen): in günstigem flachen Gelände 80, in hügeligem 70, in ungünstigem Gelände 60 Punkte (und im Wald? möchte Ref. hinzusetzen); dabei waren beschäftigt ein Ingenieur zur Ablesung u. s. f., ein Gehülfe zum „Schiebern", *zwei* Lattenträger und ein Junge zu verschiedenen Handreichungen. — Das sind allerdings, wie Verf. hervorhebt und Ref. gern zugiebt, sehr auffallende Leistungen, zumal als Durchschnittsleistungen. Rechnet man an günstigen Tagen nur 8 Stunden reine Arbeitszeit, so würden sich 640, 560, 480 fertig aufgetragene Höhenpunkte für einen günstigen Tag ergeben, Zahlen, denen Ref. nur an vereinzelten ganz günstigen Tagen und bei längerer Arbeitszeit (die auf die Dauer nicht festgehalten werden könnte) sich genähert hat. Freilich weiss Ref. nicht, wie die Punkte des Verf. vertheilt sind; sie müssen jedenfalls sehr dicht zusammengedrängt sein und es wäre zu wünschen, dass bei dieser jetzt so beliebten Angabe der Punktzahl stets auch die *Fläche*, die sie überspannen, genannt würde.

Jedenfalls wird man den *vergleichenden* Aufnahmen, die der Verf. zur unparteiischen Prüfung seiner Methode und seines Apparates in Aussicht stellt, mit Interesse entgegensehen.

Hammer.

P. Harzer, Ueber geographische Ortsbestimmungen ohne astronomische Instrumente. (Aus: „Mittheilgn. d. Vereinigg. v. Freunden d. Astronomie".) gr. 8°. 51 S. m. 1 Taf. Berlin, F. Dümmler's Verl. 1,20 M.

S. P. Thompson, Mehrphasige elektrische Ströme und Wechselstrommotoren. Uebers. von K. Strecker. gr. 8°. V, 250 S. m. 171 Abbildgn. u. 2 Taf. Halle, W. Knapp. 12,00 M.

H. Helmholtz, Vorträge u. Reden. 4. Aufl. 2 Bd. 8°. XII, 434 S. m. 20 Holzst. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn. 8,00 M.; geb. 9,50 M.

A. Kerber, Beiträge zur Dioptrik. 2. Heft. gr. 8°. 16 S. m. 5 Fig. Leipzig, G. Fock in Komm. 0,50 M.

E. v. Lommel, Lehrbuch der Experimentalphysik. 3. Aufl. gr. 8°. XI, 556 S. m. 430 Fig. u. 1 Spektraltaf. Leipzig, J. A. Barth. 6,40 M.; geb. 7,20 M.

R. Lüpke, Grundzüge der Elektrochemie auf experimenteller Basis. 2. Aufl. gr. 8°. XI, 186 S. m. 54 Fig. Berlin, J. Springer. 3,60 M.; geb. 4,40 M.

Jahrbuch f. Photographie u. Reproduktionstechnik f. d. J. 1896. Hrsg. v. Prof. Dr. Jos. Maria Eder. 10. Jahrg. 8°. VIII, 611 S. m. 155 Holzschn. u. Zinkotypien im Texte u. 28 artistischen Taf. Halle, W. Knapp. 8,00 M.

A. Wilke, Ueber die gegenseitigen Beeinflussungen der Fernsprechleitungen nach Müller's Theorie. gr. 8°. III, 69 S. m. Abbildgn. Leipzig, O. Leiner. 1,00 M.

Wegweiser für die elektrotechnische Fachliteratur. Schlagwortkatalog der Bücher und Zeitschriften f. Elektrotechnik u. verwandten Gebiete einschliesslich der hauptsächl. ausländischen Literatur. 2. Aufl. 12°. 66 S. Leipzig, Hachmeister & Thal. 0,50 M.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Redaktionskuratorium:

Geh. Reg.-Rath Prof. Dr. **H. Landolt**, Vorsitzender, Prof. Dr. **A. Westphal**, geschäftsführendes Mitglied,
Prof. Dr. **E. Abbe**, Dr. **H. Krüss**.

Redaktion: Dr. St. Lindeck in Charlottenburg-Berlin.

XVI. Jahrgang. **August 1896.** Achtes Heft.

Vervollkommnung des Dichroskopes.

Von
Professor Dr. **A. Cathrein** in Innsbruck.
(Mittheilung aus dem mineralogisch-petrographischen Universitätsinstitut.)

Während die meisten krystalloptischen Instrumente in den letzten Jahrzehnten vielseitige und bedeutende Verbesserungen erfahren haben, blieb das Dichroskop seit seiner Erfindung durch Haidinger bis in die neueste Zeit ohne wesentliche Vervollkommnung. Neulich aber hat uns Herr Mechaniker Gustav Halle in Rixdorf bei Berlin mit einer solchen überrascht, indem er das einfache, alte Instrument mit einem eigentlichen, grösseren Objekttisch, einem Theilkreis und vortheilhafterem, sowie grösserem Gesichtsfeld von rechteckiger Form versah. Um die Leichtigkeit des Apparates zu wahren, ist der drehbare Tisch aus Aluminium hergestellt, während Federklammern die verschiedensten Präparate festzuhalten vermögen. Trotz Erweiterung des Gesichtsfeldes ist keine Vergrösserung des Calcitprismas eingetreten, dessen normale Schliffendflächen die unbequemen Glaskeile ersetzen[1].

Durch diese sehr erwünschte Arbeit Halle's wurde ich nun neuerdings ermuntert, dem schon seit einigen Jahren beim krystallographischen Unterricht empfundenen Mangel des Dichroskopes abzuhelfen und meine Verbesserungsideen zur Ausführung zu bringen. Der fühlbarste und jetzt wohl noch einzige Mangel des Dichroskopes betrifft dessen Orientirung und Justirung, welche der Krystallograph im Interesse exakter Untersuchungen über den Pleochroismus immerhin beanspruchen muss. Erstlich sollen zweckmässig beide Bilder der Objektöffnung stets gerade aneinanderstossen, und zweitens soll man, was ganz besonders wichtig ist, deren Schwingungsrichtungen immer sicher und rasch erkennen, denn nur dann lässt sich der Pleochroismus in den Krystallen auch orientiren. Die erste Bedingung erziele ich nun durch Fixirung der bisher drehbaren Objektplatte in einer solchen Lage, dass die Langseite ihrer rechteckigen Oeffnung parallel der längeren Diagonale des Calcitprismenquerschnittes wird; unter dieser Voraussetzung fallen nämlich die beiden Rechtecksbilder gerade nebeneinander und bilden ein Quadrat, welches auch zur Kontrole der Richtigkeit der Lage des Dichroskopdeckels dient. Diese Fixirung geschieht einfach durch einen Zahn der Objektplatte, welcher in einen Ausschnitt der Trägerhülse eingreift. Die zweite Bedingung habe ich erfüllt durch Gravirung zweier Doppelpfeile, eines längeren und eines ihm gegenüberliegenden kürzeren, auf der Okularplatte. Diese Pfeile, welche man immer vor Augen hat, sind parallel den Diagonalen der Calcitprismenendflächen und zeigen bestimmt die Schwingungsrichtungen der beiden Oeffnungsbilder, welchen sie zunächst liegen, an. Eine Bezeichnung und Unterscheidung des ordentlichen und ausserordentlichen Bildes ist überflüssig,

[1]) *Diese Zeitschrift* **15.** *S. 28. 1895;* vgl. auch *Verhandl. d. 67. Naturforscherversammlung zu Lübeck 1895. S. 94* und *diese Zeitschrift* **15.** *S. 407. 1895.*

wird übrigens gleichwohl ohne Weiteres durch die Dimensionen der Pfeile markirt, indem der längere Pfeil die Schwingungsrichtung des ordinären Strahles parallel der längeren Calcitdiagonale, der kürzere Pfeil die extraordinären Schwingungen parallel der kürzeren Diagonale oder dem Calcithauptschnitt ausdrückt. Nun bedarf es auch noch einer Fixirung des bislang drehbaren Okulars, welche die Einstellbarkeit desselben für jedes Auge ermöglicht und durch einen Knopf im Okular, der in einem längeren Ausschnitt des Dichroskoptubus läuft, bewerkstelligt wird. Ein Fadenkreuz, welches zur Einstellung von Krystallrichtungen behufs Orientirung des Pleochroismus noch erwünscht erscheinen könnte, wird bei vorliegendem Instrumente erspart, da es durch die aus der Rechtecksform der Objektöffnung resultirende, längere, scharfe Trennungslinie der beiden Bilder ersetzt ist. Hierbei ergiebt sich wieder die Nothwendigkeit und Zweckmässigkeit der Arretirung der Objektplatte.

Was nun die Mittel zur Orientirung des Dichroskopes betrifft, welche auch zur Prüfung desselben verwendet werden können, so empfiehlt sich ganz besonders ein Nicol'sches Prisma mit bekannter Schwingungsrichtung, wie es ohnedies beim Mikroskop in Verwendung steht. Jenes der beiden Dichroskopbilder, das mit dem Nicol betrachtet bei dessen Drehung verschwindet, besitzt gegenüber dem Nicol senkrechte Schwingungsrichtung, das helle Rechteck hingegen parallele. In Ermangelung eines Nicols dient auch ein etwa vorhandenes dichroitisches Präparat, z. B. ein Biotit- oder Pennin-Querschnitt für denselben Zweck und zwar auf Grund bekannter Orientirung von Absorption und Pleochroismus in diesen Mineralien; es sind nämlich im dunkelbraunen Rechteck bei Biotit, im grünen bei Pennin die Schwingungen parallel der Längsrichtung und Spaltung der Schnitte, während sie im gelben, beziehungsweise rothen Bilde senkrecht dazu stattfinden. Sollte auch ein solches Präparat fehlen, so reicht auch ein immer leicht zu beschaffendes dunkles Turmalinsäulchen aus, wobei die lichteste und dunkelste Färbung eintritt, sobald die Schwingungen parallel und senkrecht zur Säulenachse erfolgen.

Bisher findet man die Orientirung des Dichroskopes entweder gar nicht berücksichtigt, oder man hat allerdings Methoden zur Unterscheidung der beiden Bilder mitgetheilt, welche nicht alle zuverlässig und zweckmässig sind, welche zum Theil nur indirekt die Schwingungsrichtungen ergeben; zu einer technischen Anwendung aber kam es nie, und darin liegt eben der wesentlichste Fortschritt vorliegenden Dichroskopes, dass die Schwingungsrichtungen am Apparat selbst markirt sind, wodurch eine einmalige Bestimmung derselben genügt und die bisher unvermeidlichen steten Wiederholungen entfallen. Jetzt ist die Orientirung der Schwingungsrichtungen gleichzeitig mit der Untersuchung von Präparaten gegeben, bisher leicht eintretende Verwechselungen sind ausgeschlossen, das einmal justirte Dichroskop ist in jeder Lage orientirt und für die Beobachtung präparirt.

Die praktische Ausführung der besprochenen Vervollkommnung des Dichroskopes habe ich Herrn Halle anvertraut, und nachdem derselbe durch seine neue Dichroskopform die Einführung dieses Instrumentes in die Reihe exakter wissenschaftlicher Apparate begonnen, hat er dieselbe durch die gelungene neueste, mir vorliegende Verbesserung vollendet. Das Dichroskop steht jetzt ebenbürtig an der Seite der anderen krystalloptischen Instrumente, es vereint mit seinen Vortheilen die Exaktheit der mikroskopischen Untersuchungsmethode des Pleochroismus.

Für dieses neueste vervollkommnete Dichroskop hat Herr Halle einen, zumal auch in Anbetracht der eigenen wesentlichen Vervollständigung ausserordentlich niedrigen Preis von 20 Mark festgesetzt.

Eine einfache Methode, periodische Fehler zu bestimmen.

Von
Dr. J. R. Rydberg, Privatdozent an der Universität Lund.

Bei der gewöhnlichen Bessel'schen Methode zur Bestimmung periodischer Schraubenfehler verfährt man, wie bekannt, in der Weise, dass man sich ein Hülfsintervall verschafft, das in der Steighöhe der Schraube nahe aufgeht, z. B. 0,25 *mm*, wenn die Steighöhe 1 *mm* ist. Von verschiedenen Theilstrichen der Trommel ausgehend, misst man dann dieses Hülfsintervall mit der Schraube aus und erhält für den Abstand verschiedene Werthe, wenn die Steigung der Schraube oder die Theilung der Trommel nicht überall gleichförmig ist. Wenn es sich um die Untersuchung einer Kreistheilung handelt, benutzt man einen entsprechenden Hülfswinkel, den man mit verschiedenen Intervallen der Theilung vergleicht.

Bei Schrauben sind die hauptsächlichsten Fehler ihrer Entstehung wegen in den einzelnen Umdrehungen einander gleich und bei einer Kreistheilung kehrt man nach einer vollen Umdrehung zu denselben Theilstrichen zurück. Die Fehler sind somit periodisch und müssen durch eine periodische Reihe ausgedrückt werden können. Wenn n die Anzahl Theile der Trommel, δ_i die Korrektion beim Theilstrich i, r die Ordnungszahl des Gliedes der Reihe ist, so erhält man dann

$$\delta_i = \sum A_r \sin \frac{2 r \pi (i - i_r)}{n};$$

A_r, die Amplitude, und i_r, die Phase, sind für jedes Glied verschieden.

Bei der praktischen Berechnung der Messungen nimmt man von dieser Reihe nur die zwei oder drei ersten Glieder und leitet die Konstanten derselben nach der Methode der kleinsten Quadrate ab. Wenn man aber die aus der so berechneten Formel abgeleiteten Werthe des Hülfsintervalls mit den direkt gefundenen vergleicht, zeigt es sich nicht selten, dass die bleibenden Abweichungen von derselben Grössenordnung sind wie die Korrektionen. Will man, um hinreichende Genauigkeit zu erzielen, eine grössere Anzahl Glieder der Reihe mitnehmen, so werden die Ausgleichungsrechnungen bald sehr weitläufig und für einfachere Untersuchungen unpraktisch. Es mag darum nicht überflüssig erscheinen, eine Methode zur Bestimmung periodischer Fehler anzugeben, die durch die Einfachheit der Rechnungen allen, die sich mit Winkel- und Mikrometer-Messungen zu beschäftigen haben, zugänglich ist.

Zu einer solchen Methode, die zugleich erlaubt, die wirklichen Abweichungen der einzelnen Striche direkt zu bestimmen, gelangt man in sehr einfacher Weise, wenn man nur die Messungen so anordnet, dass man immer ganze Umdrehungen misst. Wenn z. B. bei einer Schraube die Ganghöhe 1 *mm*, die Trommel in 100 Theile getheilt und das zu messende Hülfsintervall 0,25 *mm* ist, so misst man die Intervalle 0—25, 25—50, 50—75, 75—0 und weiter 5—30, 30—55, 55—80, 80—5 u. s. w.

Nennen wir dann $l_0, l_5, l_{10}, \ldots$ die gefundenen Längen des Hülfsintervalls, wenn die Messungen bei 0, 5, 10, ... begonnen haben, und $k_0, k_5, k_{10}, \ldots$ die Korrektionen dieser Längen, so haben wir

$$l = l_0 + k_0 = l_5 + k_5 = l_{10} + k_{10} = \cdots = l_{95} + k_{95}.$$

Diese Korrektionen sind aber aus den Korrektionen δ beider Endstriche zusammengesetzt, sodass

$$\begin{array}{lllll} k_0 = \delta_{25} - \delta_0, & k_5 = \delta_{30} - \delta_5, & k_{10} = \delta_{35} - \delta_{10}, & k_{15} = \delta_{40} - \delta_{15}, & k_{20} = \delta_{45} - \delta_{20}, \\ k_{25} = \delta_{50} - \delta_{25}, & k_{30} = \delta_{55} - \delta_{30}, & k_{35} = \delta_{60} - \delta_{35}, & k_{40} = \delta_{65} - \delta_{40}, & k_{45} = \delta_{70} - \delta_{45}, \\ k_{50} = \delta_{75} - \delta_{50}, & \text{u. s. w.} & & \text{u. s. w.} & \\ k_{75} = \delta_0 - \delta_{75}, & & & & \end{array}$$

Die vier Messungen jeder der fünf neben einander geschriebenen Gruppen müssen, welches auch die Fehler der einzelnen Striche sein mögen, zusammen eine ganze Umdrehung geben, wie auch aus den Gleichungen hervorgeht. Denn es ist $k_0 + k_{25} + k_{50} + k_{75} = 0$ u. s. w. und also, da

$$l_0 + k_0 + l_{25} + k_{25} + l_{50} + k_{50} + l_{75} + k_{75} = 4\,l,$$

so muss

$$l_0 + l_{25} + l_{50} + l_{75} = 4\,l,$$

somit eine ganze Umdrehung sein.

Es mag hier bemerkt werden, dass es von keiner Bedeutung ist, wenn das Hülfsintervall l von dem gewählten genauen Theil einer Umdrehung (hier 0,25 *mm*) ein wenig abweicht. Denn wenn es nur so nahe damit übereinstimmt, dass man bei den Messungen immer von denselben Strichen wie bei einem Intervall von genau 0,25 *mm* Gebrauch macht, so hat man es auch nur mit den Korrektionen dieser Striche zu thun.

Wenn die Summen der l-Werthe bei den einzelnen Gruppen mit einander nicht übereinstimmen, hängen die Abweichungen von zufälligen Beobachtungsfehlern ab, und wenn die Fehler gross sind, so müssen die Messungen natürlich wiederholt werden. Nimmt man das Mittel aller Messungen als wahren Werth von l an, dann kann die Genauigkeit der Messungen in dieser Weise von vornherein beurtheilt werden.

Die folgende Beobachtungsreihe gehört dem gewählten Beispiel an; die Einheit der l-Werthe ist 0,00001 *mm*.

i	l_i	k_i	δ_i	i	l_i	k_i	δ_i
0	25062	+ 71	− 8	5	25083	+ 55	+ 20
25	25203	− 70	+ 63	30	25247	− 109	+ 74
50	25173	− 40	− 7	55	25160	− 22	− 36
75	25093	+ 40	− 48	80	25060	+ 78	− 58
l_I	25133			l_{II}	25138		
δl_I	+ 7			δl_{II}	+ 2		
10	25092	+ 52	+ 36	15	25134	+ 11	+ 46
35	25292	− 148	+ 88	40	25252	− 107	+ 57
60	25148	− 4	− 60	65	25149	− 4	− 50
85	25043	+ 101	− 64	90	25045	+ 100	− 54
l_{III}	25144			l_{IV}	25145		
δl_{III}	− 4			δl_{IV}	− 5		

i	l_i	k_i	δ_i
20	25179	− 38	+ 62
45	25229	− 88	+ 24
70	25099	+ 42	− 64
95	25057	+ 84	− 22
l_V	25141		
δl_V	− 1		

Das Mittel aller Messungen ist 25140 und die Abweichungen δl_I der Gruppenmittel l_I sind im Verhältniss zur Genauigkeit der Beobachtungen hinreichend klein, höchstens 7 Einheiten. Die k_i-Werthe berechnen sich dann direkt aus dem Spezialmittel der Gruppen: $k_i = l_I - l_i$. Wenn wir nämlich die Messungen mit den Abweichungen δl verbessern wollen, bekommen wir $l'_i = l_i + \delta l_i$ und, da zugleich $l = l_I + \delta l_i$, wird jedenfalls $k_i = l - l'_i = l_I + \delta l_i - l_i - \delta l_i = l_I - l_i$. Um aus dem so erhaltenen k-Werthe die δ-Werthe abzuleiten, braucht man für jede Gruppe noch

eine Gleichung ausser den vier Ausdrücken der k-Werthe, die, weil ihre Summe identisch $= 0$ ist, nur drei unabhängige Gleichungen darstellen. Nach unserer Methode erhält man, ohne die verschiedenen Gruppen durch neue Messungen unter einander zu verknüpfen, eine solche für alle Gruppen gemeinschaftliche vierte Gleichung einfach dadurch, dass man von dem allgemeinen Ausdruck für δ_i, d. h. $\delta_i = \sum A_r \sin \frac{2 r \pi (i - i_r)}{n}$, Gebrauch macht.

Nehmen wir nämlich die Reihe der δ-Werthe einer Gruppe, hier

$$\delta_i,\ \delta_{i+25},\ \delta_{i+50},\ \delta_{i+75}$$

oder allgemein

$$\delta_i,\ \delta_{i+\frac{n}{q}},\ \delta_{i+\frac{2n}{q}},\ \ldots,\ \delta_{i+\frac{q-1}{q}n},$$

wo q die Anzahl der Hülfsintervalle in einer ganzen Umdrehung, n/q die Länge des Hülfsintervalls in Trommeltheilen bezeichnet, so sind die r-ten Glieder in den Ausdrücken der verschiedenen δ-Werthe

$$A_r \sin \frac{2 r \pi (i - i_r)}{n},\quad A_r \sin \frac{2 r \pi \left(i + \frac{n}{q} - i_r\right)}{n},\ \ldots,\ A_r \sin \frac{2 r \pi \left(i + \frac{q-1}{q} n - i_r\right)}{n}.$$

Bezeichnen wir der Kürze wegen

$$A_r \sin \frac{2 r \pi (i - i_r)}{n} \text{ mit } S,$$

$$A_r \cos \frac{2 r \pi (i - i_r)}{n} \text{ mit } C,$$

so ist die Summe dieser r-ten Glieder

$$S + S \cos \frac{2 r \pi}{q} + S \cos \frac{4 r \pi}{q} + \ldots + S \cos \frac{2 (q-1) r \pi}{q} +$$
$$+ C \sin \frac{2 r \pi}{q} + C \sin \frac{4 r \pi}{q} + \ldots + C \sin \frac{2 (q-1) r \pi}{q} =$$
$$= S . \sum_{m=0}^{m=q-1} \cos \frac{2 r m \pi}{q} + C . \sum_{m=0}^{m=q-1} \sin \frac{2 r m \pi}{q},$$

und jede dieser beiden Summen ist identisch $= 0$. Dasselbe gilt für irgend einen Werth von r. Wir haben dann, ohne andere Annahme, als dass die Fehler periodisch sind, ganz allgemein $\Sigma \delta_i = 0$ und dadurch für jede Gruppe eine vierte unabhängige Gleichung, die zur Berechnung der δ-Werthe ausreicht.

Aus den gefundenen Gleichungen können jetzt die einzelnen δ-Werthe in verschiedener Weise leicht abgeleitet werden. Eine einfache und symmetrische Methode ist z. B. die folgende, wo δ_0 berechnet werden soll. Man lässt den Ausdruck für k_0 weg, multiplizirt die Ausdrücke für k_{25}, k_{50} und k_{75} mit bezw. 1, 2 und 3 und bildet die Summe dieser Werthe und $\Sigma \delta_i = 0$; also

$$\begin{aligned}
\delta_{50} - \delta_{25} \qquad\qquad &= k_{25} \\
2\,\delta_{75} - 2\,\delta_{50} \qquad\quad &= 2\,k_{50} \\
3\,\delta_0 \ - 3\,\delta_{75} \qquad\quad &= 3\,k_{75} \\
\delta_0 \ + \delta_{25} + \delta_{50} + \delta_{75} &= \ 0 \\
\hline
4\,\delta_0 = k_{25} + 2\,k_{50} + 3\,k_{75}, &
\end{aligned}$$

folglich

$$\delta_0 = \frac{1}{4} (k_{25} + 2\,k_{50} + 3\,k_{75}).$$

Die übrigen δ-Werthe der Gruppe erhält man dann dnrch wiederholte Einsetzung in die Gleichungen der Gruppe $\delta_{25} = k_0 + \delta_0$, $\delta_{50} = k_{25} + \delta_{25}$, $\delta_{75} = k_{50} + \delta_{50}$. Der allgemeine Ansdruck ist, wie man leicht ersieht,

$$\delta_i = \frac{1}{q}\left(k_{i+\frac{n}{q}} + 2\,k_{i+\frac{2n}{q}} + 3\,k_{i+\frac{3n}{q}} + \ldots + (q-1)\,k_{i+\frac{q-1}{q}n}\right).$$

In der Tabelle a. S. 228 sind die δ-Werthe der Kontrole wegen znerst genan berechnet und dann auf ganze Zahlen abgekürzt.

Die Methode unterscheidet sich von der gewöhnlichen dadurch, dass die Abweichnngen nicht als periodische Fnnktionen ansgedrückt, sondern für jeden nntersuchten Strich unmittelbar aus den Messungen berechnet werden. Sie stimmt mit der Methode zur Bestimmnng innerer Theilnngsfehler überein, indem die Abweichnngen derselben Gruppe der Theilstriche ganz wie innere Theilnngsfehler bestimmt werden. Sie fällt aber damit nicht zusammen, denn die Annahme, dass die Fehler periodisch sind, führt für alle ganze Umdrehungen zur Gleichung $\Sigma\delta_i = 0$, wodurch die Fehler der verschiedenen Gruppen der Theilstriche mit einander vergleichbar werden, als in demselben Koordinatensystem ausgedrückt.

Mit der gewöhnlichen Methode hat die hier dargelegte einen Uebelstand gemein, der, so viel ich weiss, bisher nicht bemerkt worden ist. Man verliert nämlich bei der Bestimmung alle Glieder der periodischen Reihe, die in dem gewählten Hülfsintervall gerade aufgehen, indem die durch solche Funktionen auszudrückenden Fehler bei den beiden Enden des Hülfsintervalls immer gleich gross sind, wodurch sie aus den Messungen verschwinden und nicht zu bestimmen sind. Dieses Resnltat geht natürlich auch ans der allgemeinen Formel der Koëffizienten der periodischen Glieder, so wie sie nach der Bessel'schen Methode berechnet werden, hervor. Man hat nämlich[1]) für die Koëffizienten der allgemeinen Gleichung

$$p_i = x_1 \cos\left(i\frac{360^0}{n}\right) + x_2 \cos\left(2\,i\frac{360^0}{n}\right) + \ldots$$
$$+\, y_1 \sin\left(i\frac{360^0}{n}\right) + y_2 \sin\left(2\,i\frac{360^0}{n}\right) + \ldots,$$

nachdem die Druckfehler berichtigt worden sind, die Ausdrücke

$$x_\varkappa = \frac{-1}{\frac{n}{i}\sin\left(\varkappa\frac{l}{2}\frac{360^0}{n}\right)}\left\{\partial l_0 \sin\varkappa\left(\frac{l}{2} + 0\,.\,i\right)\frac{360^0}{n} + \partial l_1 \sin\varkappa\left(\frac{l}{2} + 1\,.\,i\right)\frac{360^0}{n} + \right.$$
$$\left. + \ldots + \partial l_{\frac{n}{i}-1} \sin\varkappa\left(\frac{l}{2} + \left(\frac{n}{i} - 1\right)i\right)\frac{360^0}{n}\right\},$$

$$y_\varkappa = \frac{1}{\frac{n}{i}\sin\left(\varkappa\frac{l}{2}\frac{360^0}{n}\right)}\left\{\partial l_0 \cos\varkappa\left(\frac{l}{2} + 0\,.\,i\right)\frac{360^0}{n} + \partial l_1 \cos\varkappa\left(\frac{l}{2} + 1\,.\,i\right)\frac{360^0}{n} + \right.$$
$$\left. + \ldots + \partial l_{\frac{n}{i}-1} \cos\varkappa\left(\frac{l}{2} + \left(\frac{n}{i} - 1\right)i\right)\frac{360^0}{n}\right\},$$

wo $\varkappa$ die Ordnnngszahl des betreffenden Koëffizienten, n die Anzahl Theile der Trommel, i den Abstand zweier untersnchten Striche, also $n/\varkappa$ die fragliche Periode, n/i die Anzahl der nntersnchten Striche, l den mittleren Betrag der Messnngen des Hülfsintervalls, ∂l die Differenzen dieser Messnngen gegen den Mittelbetrag bedenten.

[1]) Weinstein, Handbuch der physik. Maassbestimmungen, *2. S. 296 u. 300, 301. J. Springer, Berlin 1888.*

Die mittleren Fehler der x und y sind

$$\mu_x = \mu_y = \frac{\mu}{\sqrt{\frac{2n}{i}}} \frac{1}{\sin\left(x \frac{l}{2} \frac{360^0}{n}\right)},$$

wo

$$\mu = \sqrt{\frac{\Sigma v^2}{\frac{n}{i} - h}}$$

den mittleren Fehler einer Beobachtungsgleichung, Σv^2 die Summe der Fehlerquadrate, h die Anzahl aller berechneten Koëffizienten darstellt. Wenn die Periode n/x in dem Hülfsintervall gerade aufgeht, der Quotient $l : \frac{n}{x}$ also einer ganzen Zahl m gleichkommt, so ist

$$\sin\left(x \frac{l}{2} \frac{360^0}{n}\right) = \sin(m \,.\, 180^0) = 0.$$

Die Nenner dieser x und y, sowie ihrer mittleren Fehler sind also $= 0$. Dasselbe gilt aber in diesem Falle auch für die Zähler der x und y, wie man am einfachsten ersieht, wenn man annimmt, dass die periodischen Fehler keine andern Glieder enthalten, als die hier allein in Betracht kommenden, deren Perioden n/x oder ein ganzes Vielfaches davon sind (die anderen werden natürlich durch die übrigen Glieder der periodischen Reihe dargestellt). Dann verschwinden nämlich alle δl-Werthe, weil die Fehler beim Anfang und Ende des gemessenen Intervalls in jeder Lage desselben identisch sind, und wir gelangen somit, ebenso wie oben, zu dem Schlusse, dass die Koëffizienten aller Glieder der periodischen Reihe, für welche die Perioden in dem gewählten Hülfsintervall gerade aufgehen, unbestimmt und ihre wahrscheinlichen Fehler unendlich werden. Um diese Koëffizienten zu erhalten, muss das Hülfsintervall anders gewählt werden.

Bei Weinstein (*S. 301*) heisst es dagegen: „Die Wahl der Grösse des Hülfsintervalls unterliegt nur einer Beschränkung, es darf dieses Intervall, mit dem Mikrometer ausgemessen, nicht gleich einer vollen Umdrehung sein, denn mit einem solchen Intervall kann man, wie sofort einleuchtet, die periodischen Fehler nicht bestimmen."

Aus dem oben angeführten Ausdruck der mittleren Fehler der Koëffizienten x_x und y_x kann man die geeigneten Grössen des Hülfsintervalls entnehmen. Die Angaben von Weinstein (*a. a. O.*) sind aber auch in dieser Beziehung unvollständig, denn man bekommt natürlich die sichersten Werthe der Koëffizienten, wenn die Werthe der mittleren Fehler numerisch am kleinsten sind, also nicht nur, wenn $\sin\left(x \frac{l}{2} \frac{360^0}{n}\right) = 1$, sondern auch, wenn es $= -1$ wird, d. h. wenn $\frac{x\,l}{n} \cdot 180^0 = 90^0$, 270^0, 450^0, 630^0, ... oder $\frac{2\,x\,l}{n} = 1, 3, 5, 7, \ldots, (2\,m - 1)$, also das Hülfsintervall, in Bruchtheilen einer ganzen Umdrehung ausgedrückt, $\frac{l}{n} = \frac{2\,m - 1}{2\,x}$ ist.

Da es aber unmöglich ist, ein solches Hülfsintervall zu wählen, dass bei allen Gliedern der Reihe das Minimum der mittleren Fehler erreicht wird, muss man sich in der Praxis damit begnügen, dieses Intervall so zu bestimmen, dass die Fehler bei den ersten Gliedern, wo die Amplitude am grössten ist, ein gewisses Maximum nicht überschreiten. Eine Spezialuntersuchung lehrt, dass man die Forderung aufstellen kann, dass der mittlere Fehler bei den ersten sieben Gliedern den doppelten Werth des Minimums nicht viel übersteigt. Dieser Fall trifft ein, wenn das Hülfsintervall $^3/_8$ (oder $^5/_8$) einer ganzen Umdrehung ausmacht, und die relativen mittleren Fehler

M der Glieder (d. h. die Quotienten aus dem wirklichen mittleren Fehler und dem entsprechenden Fehlerminimum bei demselben Gliede der Reihe) sind dann

$l/n = {}^3/_8$			
x	M	x	M
1	1,08	5	2,61
2	1,41	6	1,41
3	2,61	7	1,08
4	1	8	∞

Die Werthe kehren dann wieder; die Koëffizienten, deren Ordnungszahlen ganze Vielfache von 8 sind, werden unbestimmt. Andere brauchbare Intervalle sind ${}^2/_5$ (oder ${}^3/_5$) und ${}^1/_4$ (oder ${}^3/_4$), wo man die folgenden relativen mittleren Fehler findet:

$l/n = {}^2/_5$				$l/n = {}^1/_4$			
x	M	x	M	x	M	x	M
1	1,05	5	∞	1	1,41	5	1,41
2	1,71	6	1,05	2	1	6	1
3	1,71	7	1,71	3	1,41	7	1,41
4	1,05	8	1,71	4	∞	8	∞

Bei $l/n = {}^2/_5$ sind die ersten vier Glieder gut vertreten, und dieser Werth eignet sich zum Hülfsintervall besser, wie $l/n = {}^1/_5$, weil das wichtigste Glied $x = 1$ mit grösserer Genauigkeit dargestellt wird. Bei $l/n = {}^1/_5$ hat man nämlich für $x = 1$ $M = 1{,}71$, für $x = 2$ $M = 1{,}05$ u. s. w. Auch $l/n = {}^1/_4$, wo wenigstens die ersten drei Glieder vorkommen, ist anwendbar. Dagegen sind die von Weinstein vorgeschlagenen Hülfsintervalle $l/n = {}^1/_2$ und $l/n = {}^1/_3$ ganz zu verwerfen, denn bei dem ersten fallen ja alle Glieder gerader Ordnungszahl weg und bei dem anderen wird schon das dritte Glied unbestimmt. Dass man unter solchen Umständen die Beobachtungen durch einfachere Formeln wiedergeben kann, ist einleuchtend. Dies ist aber eine gefährliche Methode, denn die Abweichungen sind darum nicht weniger da, sie sind nur durch die Art der Bestimmung zum Theil übersehen worden.

Die Thätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt in der Zeit vom 1. April 1895 bis 1. Februar 1896.

(Fortsetzung von Seite 218.)

III. Arbeiten, betreffend Wärme- und Druckmessungen[1].

In der Zeit vom 1. April 1895 bis 31. Januar 1896 (10 Monate) sind geprüft worden
9870 Thermometer,
98 Apparate für Petroleumprüfung,
576 Legirungsringe,
16 Federmanometer,
20 Barometer.

1. Anzahl der geprüften Thermometer.

Unter den geprüften Thermometern befanden sich 8470 ärztliche Thermometer, während die übrigen 1400 Thermometer zu wissenschaftlichen und technischen Zwecken dienen sollten. Von den letzteren waren etwa 200 Stück für Temperaturmessungen über 300° (bis 550°) bestimmt und oberhalb des Quecksilbers mit einem komprimirten Gase (N oder CO_2) gefüllt.

Von den eingereichten Instrumenten wurden 818 Stück als unzulässig zurückgewiesen; 36 Instrumente waren beschädigt eingegangen, während 31 Instrumente im Laufe der Prüfung schadhaft geworden sind.

Gegen das Vorjahr hat wiederum eine Steigerung in der Anzahl der geprüften Thermometer stattgefunden, die bei den nicht-ärztlichen Thermometern sogar 16 % beträgt.

2. Thermometerprüfungsanstalt zu Ilmenau.

Im Laufe des Berichtsjahres fand einmal eine Revision der Anstalt seitens der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt statt und im Anschluss daran eine Berathung über die Neugestaltung der Prüfungsbestimmungen für Thermometer. Diese Bestimmungen, welche im Oktober 1888 erlassen worden sind, bedürfen einer theilweisen Ergänzung und Umarbeitung, weil einzelne neue Gattungen von Thermometern hinzugetreten sind und auch die Prüfung der nicht-ärztlichen Thermometer sehr erheblich an Umfang zugenommen hat. Der Entwurf der neuen Prüfungsbestimmungen soll vor dem definitiven Abdruck einer Reihe Sachverständiger und Fabrikanten zur Aeusserung vorgelegt werden. Bei dieser Gelegenheit soll zugleich auch die Frage über die Zulassung der Thermometer mit *Réaumur*-Theilung zur Prüfung eine endgültige Regelung erfahren.

3. Vergleichung der Quecksilberthermometer mit dem Gasthermometer.

Ueber die bereits im *5. Thätigkeitsbericht* (*diese Zeitschrift* ***14.*** *S. 306. 1894*) erwähnten Untersuchungen der Thermometer aus den Jenaer Gläsern 59^{III} und 122^{III}, sowie aus Greiner & Friedrichs'schem Resistenzglas (mit blauem Streifen) bezüglich der Reduktionswerthe auf das Gasthermometer sind die Einzelheiten in *dieser Zeitschrift* ***15.*** *S. 250. 1895* von Fr. Grützmacher mitgetheilt worden.

Die in dieser Arbeit für das Jenaer Borosilikatglas 59^{III} zwischen 0° und 100° ermittelten Gaskorrektionen stimmen mit den von Thiesen, Scheel und Sell in der Abtheilung I der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt gefundenen Werthen so gut überein, dass die Untersuchung der genannten Glasart innerhalb des angegebenen Temperaturintervalles als abgeschlossen betrachtet werden darf. Durch die gute Uebereinstimmung der auf verschiedenen Wegen erzielten Ergebnisse ist andererseits auch die grosse Genauigkeit der von Wiebe und Böttcher für Quecksilberthermometer aus Glas 16^{III} ermittelten Gasreduktionen gewährleistet worden.

Die für das Glas 59^{III} gefundenen Werthe können bis 200° gleichfalls mit grosser Genauigkeit als gesichert angesehen werden, während darüber hinaus noch neue Untersuchungen erforderlich sein werden.

Nach der in den vorhergehenden Jahren ausgeführten Arbeit über die Ausdehnung des Quecksilbers im Borosilikatglas 59^{III} bei Temperaturen bis 550° wurden Anweisungen für die Fabrikanten zur Herstellung der Skalen hochgradiger Thermometer ausgearbeitet, die in *dieser Zeitschrift* ***15.*** *S. 178. 1895* von Dr. A. Mahlke veröffentlicht worden sind.

[1]) Wiebe, Hebeler, Grützmacher, Mahlke, Hebe.

4. Neue Apparate zur Vergleichung von Thermometern und Pyrometern.

Da der vorhandene Oelapparat nur eine Tiefe von 30 *cm* besitzt, welche für manche Normalinstrumente, sowie für viele der zur Prüfung eingereichten Thermometer nicht ausreicht, so wurde ein neuer Apparat mit einer Tiefe von 50 *cm* in Auftrag gegeben und von der Werkstatt fertiggestellt.

Für Prüfung von Pyrometern über 600° wurde ein gleichfalls nach dem Vorschlage von Dr. Mahlke konstruirtes Temperaturbad in der Werkstatt angefertigt. Beide Apparate konnten aber wegen Platzmangels noch keine zum Gebrauch geeignete Aufstellung finden.

5. Pyrometrische Arbeiten.

Im Mai und Juni v. J. ist von Dr. Mahlke eine Anzahl technischer Betriebe, welche sich für die Messung hoher Temperaturen interessiren, besucht worden. Nach den bei dieser Reise gemachten Erfahrungen scheint im Allgemeinen in der Industrie ein lebhaftes Bedürfniss nach der Verwendung von Messwerkzeugen für hohe Temperaturen vorhanden zu sein, und zwar für zweierlei Arten von solchen Instrumenten.

Die erste Art betrifft solche Instrumente, welche in sachkundiger Hand zu gelegentlichen Untersuchungen für die Feststellung der günstigsten Temperaturen dienen sollen, die zweite Art solche, die in der Hand des ungelernten Arbeiters dauernd im Betriebe verwandt werden sollen, um die als günstig ermittelten Temperaturen von Neuem wieder herstellen zu können.

Für Instrumente beiderlei Art dürfte das Le Chatelier'sche Thermoelement in der auf Anregung von Dr. Holborn und Dr. Wien von der Firma Keiser & Schmidt hergestellten Form am meisten geeignet sein. Freilich wäre die Montirung des Pyrometers den verschiedenen Betrieben anzupassen. Das hierzu bisher verwandte Porzellanrohr wird in den höchsten Temperaturen weich und klebt dann fest. Dass dieses Pyrometer trotzdem auch zu dauernden Messungen brauchbar ist, beweist die Thatsache, dass ein solches Instrument $3^1/_2$ Monate ununterbrochen dem Feuer eines Siemens'schen Regenerativofens in der Schott'schen Glashütte ausgesetzt war und sich dabei vorzüglich bewährt hat. Es folgte den Schwankungen der Ofenwärme sehr gut und zeigte Temperaturen von 1100 bis 1600° an. Auch blieb das Galvanometer dauernd eingeschaltet, ohne dass dessen Nullpunkt wesentliche Aenderungen gezeigt hat, indem seine Schwankungen während der ganzen Versuchsdauer nur wenige Grade betrugen. In den hohen Temperaturen war das Porzellanrohr zusammengeschmolzen, jedoch wurden dadurch die Drähte nicht beschädigt oder in ihren Funktionen irgendwie gestört. Eine nachträgliche Prüfung der Drähte durch die Physikalisch-Technische Reichsanstalt bestätigte die früheren Prüfungsergebnisse hinsichtlich der Grösse der thermoelektrischen Kräfte.

Von sonstigen pyrometrischen Messvorrichtungen sind besonders noch in Gebrauch das Wibergh'sche Luftpyrometer, das Thalpotasimeter von Schäffer & Budenberg, das Graphitpyrometer von Steinle & Hartung, ferner Kalorimeter mit Cylindern aus Cu, Fe oder Pt, sodann die Seeger'schen Schmelzkegel und die Prinsep'schen Legirungen aus Ag und Au, sowie aus Au und Pt und endlich noch das Siemens'sche Widerstandspyrometer.

Alle diese Instrumente haben aber gegenüber dem Thermoelement mehr oder weniger grosse Nachtheile, indem sie entweder weniger zuverlässig oder beständig in ihren Angaben, oder auch weniger einfach in der Handhabung sind.

Von einem in technischen Betrieben verwendbaren Pyrometer muss in erster Linie verlangt werden, dass es durch unmittelbare Ablesung an einer Skale die Messung der Temperatur gestattet, damit auch der einfache Arbeiter das Instrument bedienen kann. Sodann muss es durch die Einwirkung der hohen Temperaturen in seinen Angaben nicht verändert werden und hinreichend dauerhaft sein, um nicht leicht Beschädigungen im Betriebe ausgesetzt zu sein. Diesen Anforderungen genügt am meisten das Le Chatelier'sche Thermoelement in der von Holborn und Wien angegebenen Form.

Es würden sich daher auch voraussichtlich die regelmässigen Prüfungen von pyrometrischen Messwerkzeugen auf das genannte Instrument beschränken können.

6. Manometer und Barometer.

An Federmanometern wurden 16 Stück geprüft, darunter zwei für Drucke bis 150 *kg*. Die Prüfung der Barometer erstreckte sich auf 3 Quecksilberbarometer und 17 Aneroïde in Drucken von 820 bis 450 *mm* abwärts.

Die Untersuchung über die Nachwirkungen von Dosenfedern ist fortgesetzt worden, ohne jedoch bisher zu einem neuen Ergebniss geführt zu haben. Zwei der Aneroïde der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt sind mit Dosen aus Konstantan versehen und auf ihre Temperaturkoëffizienten untersucht worden. Dieselben haben sich als sehr klein ergeben; ob auch die Nachwirkungsbeträge besonders klein sind, wird sich erst aus weiteren Untersuchungen mit hinreichender Sicherheit feststellen lassen.

7. Petroleumprober, Zähigkeitsmesser und Untersuchung von Petroleum.

Es wurden geprüft

51 Petroleumprober,
47 Zähigkeitsmesser,
3 Petroleumsorten auf Entflammbarkeit und Dichte.

Auch wurden auf Veranlassung von Anfragen seitens der Feuerwehr und mehrerer Privater die Entflammungspunkte verschiedener Flüssigkeiten, wie Benzin, Terpentin, Sprit, absoluter Alkohol bestimmt.

Der Entflammungspunkt nach Abel liegt für

abs.	Alkohol	bei 10,5° C.,
80 %	Sprit	„ 20° „ ,
60 %	Sprit	„ 22° „ .

Die verschiedenen gebräuchlichen Spiritussorten sind also leichter entflammbar, als die zur Zeit im Handel befindlichen Petroleumsorten.

8. Legirungsringe.

Die Prüfung der Legirungsringe für die Schwartzkopff'schen Dampfkessel-Sicherungsapparate wurde in früherer Weise fortgesetzt und erstreckte sich auf 576 Stück mit Schmelzpunkten von 110° bis 180°.

9. Untersuchungen über den Wärmedurchgang durch Metallplatten. (Aufgabe 1 der Anträge des Vereins Deutscher Ingenieure vom 10. Februar 1894.) Allgemeines.

Als orientirende Voruntersuchung über die Wärmetransmission wurden von Dr. Wiebe und R. Schwirkus Beobachtungen an Metallplatten angestellt, die nach Material, Stärke und Oberflächenbeschaffenheit verschieden waren.

Es sind 11 Platten untersucht worden, von denen 3 aus Siemens-Martin-Stahl von Borsig, 3 aus *best-best*-Schmiedeeisen von Borsig, 3 aus Siemens-Martin-Stahl von der Kaiserlichen Werft und 2 aus Kupfer von Heckmann bestanden.

Die Bestimmung des spez. Gewichts und die chemische Analyse von Probestücken der Platten hat ergeben:

Bezeichnung der Platten		spez. Gew.	Kohlenstoff
Siemens-Martin-Stahl von Borsig	I	7,87	0,16 %
	II	7,83	0,14 „
	III	7,86	0,14 „
Schmiedeeisen von Borsig	IV	7,79	0,15 „
	V	7,80	0,43 „
	VI	7,80	0,15 „
Stahl der Kaiserlichen Werft	VIII	7,85	0,16 „
Kupfer	X	8,81	100 % Cu

Mit den Stahlplatten wurden 78, mit den schmiedeeisernen Platten 35 und mit denen aus Kupfer 12 Versuche angestellt. Die Stärke der Stahlplatten variirte zwischen 30,5 und 5 *mm*, die der eisernen Platten zwischen 30,2 und 19,4 *mm* und diejenige der Kupferplatten betrug etwa 30 *mm*. Der Durchmesser beträgt bei allen Platten 25 *cm*.

Die zu untersuchenden Platten wurden in den Boden eines Kessels eingesetzt, dieser mit einer gewogenen Menge Wasser gefüllt und auf den geheizten Ofen gestellt. Aus der Menge des in einer bestimmten Zeit verdampften Wassers konnte dann die Menge der in der Zeiteinheit durchgegangenen Wärme berechnet werden. Strahlungsverluste durch die Wand des Kessels wurden durch eine doppelte Umhüllung desselben möglichst verringert und Erwärmungen von aussen seitens der vom Ofen aufsteigenden warmen Luft durch Asbestschirme abgehalten.

Konstruktion des Ofens, Temperaturmessung und Ausführung der Versuche.

Der benutzte Ofen ist dem von Blechynden in den *Transactions of the institution of naval architects 1894. S. 70* angegebenen ähnlich ausgeführt, allerdings mit manchen Veränderungen.

Durch eingeschobene Scheibenroste wurde eine Durchmischung der brennenden Gase und eine hinreichend gleichmässige Temperatur über der obersten Rost-Scheibe erreicht. Orientirende Versuche haben ergeben, dass die Temperatur einer horizontalen Schicht auf 5° bis 10° durchweg dieselbe ist.

Die Messung der Temperatur geschah 4 *cm* unterhalb der Platten mittels mehrerer Le Chatelier'scher Thermoelemente von Keiser & Schmidt.

Die zu untersuchenden Platten hatten Anfangs eine Dicke von 30 bezw. 20 *mm* und wurden im Verlauf der Untersuchungen und nach Bedarf dünner gedreht. Einige wurden sowohl in beiderseitig rohem, als auch in einseitig bezw. beiderseitig bearbeitetem Zustande untersucht.

Anfänglich waren die Platten nur am Beginn einer Versuchsreihe gut gereinigt und für die folgenden Versuche jedesmal gut gespült worden. Später mussten sie indessen vor jedem Versuch auf den früheren Zustand gebracht werden.

Platte Nr. I aus Siemens-Martin-Stahl von Borsig.

Temperatur t 4 *cm* unter der Platte in Grad C.	Gewicht w des verdampften Wassers pro Stunde in *kg*	Durch die Platte hindurchgegangene Wärmeeinheiten pro Stunde $w \cdot 536$ in *kg-Kal.*	$Q = \frac{w \cdot 536}{t - 100}$ in *kg-Kal.*/Stunde u. Grad
	Dicke 30,5 *mm*, auf beiden Seiten Walzhaut.		
374	1,096	591	2,16
433	1,483	795	2,39
468	1,885	1010	2,75
480	1,941	1040	2,74
489	2,184	1171	3,01
561	2,712	1454	3,15
628	3,301	1769	3,35
654	3,755	2013	3,63
674	4,299	2304	4,01
	Dicke 10,5 *mm*, oben 20 *mm* abgedreht, unten Walzhaut.		
346	0,796	427	1,74
406	1,187	636	2,08
484	1,856	995	2,59
603	3,042	1630	3,24
	Dicke 7,5 *mm*, oben 3 *mm* abgedreht, unten Walzhaut.		
308	0,586	314	1,51
409	1,233	661	2,14
503	2,173	1165	2,89
517	2,048	1098	2,63
573	2,943	1578	3,34
	Dicke 5,4 *mm*, oben 2,1 *mm* abgedreht, unten Walzhaut.		
319	0,630	338	1,54
418	1,182	634	1,99
499	1,916	1027	2,58
606	3,423	1835	3,63

Einzelne Versuche wurden auch mit Platten ausgeführt, die mit künstlichem Kesselstein bezw. Oelschlamm bedeckt waren. Als Ersatz für Kesselstein diente eine 5 bis 8 *mm* starke Schicht aus einer Mischung von 1 Theil Zement und 3 Theilen Sand, während der Oelschlamm aus zähestem Oel und Kesselsteinpulver bestand und in ebenso dicker Schicht angewendet wurde.

Die Versuche wurden in der Regel bei 300°, 400°, 500° und 600°, in einzelnen Fällen auch noch bei 200° oder 700° (unter der Platte gemessen) ausgeführt. Die Temperatur wurde mit dem benutzten Mischventilator, dem Gas- und Lufthahn, sowie den am Boden des Ofens befindlichen Schiebern eingestellt und für die 1 bis $2^{1}/_{2}$ Stunden betragende Dauer des Versuchs möglichst festgehalten. Thermometer und Pyrometer wurden in regelmässigen Intervallen abgelesen. Am Schluss wurde zur Unterbrechung des Siedens eine gewogene Menge kalten Wassers hinzugefügt. Die Menge des verdampften Wassers wurde dann aus der Gewichtsdifferenz vor und nach dem Versuch bestimmt.

Resultate.

Einige durch die Ueberschriften verständliche Versuche enthält die vorstehende Tabelle. Zur besseren Uebersicht und Abkürzung sind die vorstehenden und die sonstigen, zum Theil zu Mittelwerthen vereinigten Ergebnisse der Versuche (Ordinaten Q, Abszissen t) in der beistehenden Abbildung graphisch dargestellt worden.

Die an jeder Platte erhaltenen Resultate sind zusammengezeichnet. Zur gegenseitigen Vergleichung der Platten ist in jede Gruppe von Beobachtungen eine und dieselbe Gerade eingetragen.

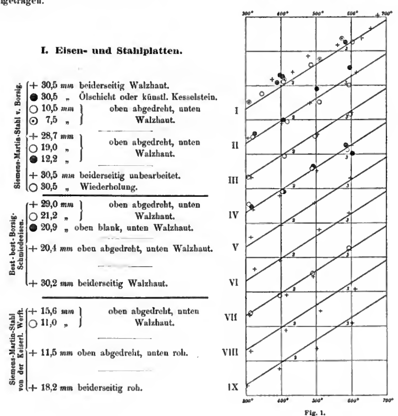


Fig. 1.

II. Platten aus Kupfer.

+ 29,5 *mm* { aussen Gusshaut, innen abgedreht u. fein geschliffen.

○ 30 „ auf beiden Seiten Gusshaut.

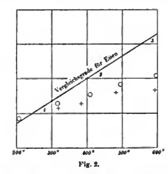


Fig. 2.

Der Augenschein ergiebt nun ohne Weiteres eine Bestätigung der auch anderweitig beobachteten Thatsache, dass für die Wärmetransmission die Beschaffenheit der Eisenplatten fast ohne Einfluss ist. Sowohl die Verschiedenheit der Dicke wie diejenige der Oberflächenbeschaffenheit bewirkt Aenderungen, welche als innerhalb der Beobachtungsfehler liegend bezeichnet werden müssen.

Diese Thatsache erklärt sich, wenn man in folgender Weise überlegt, dass die Temperaturen t der Heizgase oder 100° des Wassers weit entfernt sein müssen von der Temperatur der anliegenden Oberflächenschichten des Eisens. Denn, wenn man von einem solchen Unterschiede absieht und die durchgehende Wärmemenge Q für 1° Temperatur-Differenz berechnet, so erhält man für die Platten

von der Dicke 1 *cm*	berechnet $Q = 300$ *kg-Kal.*	beobachtet 1,3 bis 4,0 *kg-Kal.*
„ „ „ 2 „	„ $„ = 150$ „ „	
„ „ „ 3 „	„ $„ = 100$ „ „	

Also ist die wirklich durchgehende Wärmemenge 25 bis 230mal kleiner als die berechnete, d. h. die Temperaturdifferenzen in den Oberflächen der Platten sind so vielmal kleiner als die Differenzen zwischen den gemessenen Temperaturen der Heizgase und der Temperatur 100° des Wassers.

Es bestehen also „Uebergangswiderstände“ zwischen der Heizplatte und ihren Umgebungen, gegen welche der Leitungswiderstand der Platten, selbst bei den hier vorliegenden Dicken, als fast unmerklich bezeichnet werden kann.

Selbst der Widerstand der künstlichen Kesselstein- oder der Oel-Schicht scheint noch nicht erheblich einzugehen. Freilich gilt dies nur für den Fall, dass das Wasser im Kessel sich bereits im Sieden befindet, während der Zeitpunkt des Eintritts des Siedens bei den mit Kesselstein oder Schlamm verunreinigten Platten eine nicht unerhebliche Verzögerung gegenüber den reinen Platten erlitt.

Verzinnen der Platte Nr. I auf der oberen Seite schien den Wärmedurchtritt etwas zu verringern.

Bei den bisher erwähnten Versuchen war, wie es auch wohl den in der Praxis herrschenden Verhältnissen am meisten entspricht, die untere, dem Feuer zugekehrte Seite der Platte noch roh, mit Walzhaut versehen. Es wurden nun die Platten Nr. II aus Stahl (Dicke 12 *mm*) und Nr. V aus Schmiedeeisen (Dicke 20 *mm*) auf *beiden* Seiten abgedreht und metallrein (blank) gemacht.

Es ist aus der folgenden Tabelle zu erkennen, dass die Platten, welche auf der Unterfläche blank sind, bedeutend weniger Wärme durchlassen als diejenigen, bei welchen unten die Walzhaut vorhanden ist. Hiernach muss entweder ein grosser Theil der Wärme aus dem Heizraume als gestrahlte Wärme in die Platte gehen, oder es muss die Verkleinerung der Oberfläche durch das Glätten eine ungünstige Wirkung ausüben (oder beides).

Platte Nr. II aus Stahl.

Temperatur t in Grad C.	Q in *kg-Kal.*	
	unten Walzhaut	unten glatt
311		1,26
326	1,59	
408	1,97	
414		1,99
503	2,88	
517		1,70
596	3,50	
616		2,00

Platte Nr. V aus Schmiedeeisen.

Temperatur t in Grad C.	unten Walzhaut	unten glatt
314	1,58	
315		1,43
396		1,66
400	1,92	
495	2,58	
502		2,19
599	3,28	
611		2,12

Quantitative Folgerungen lassen sich aus den Versuchen nicht ziehen, da die blanke Fläche sich durch die Berührung mit den Heizgasen oxydirte oder auch in den niederen Temperaturen (300° bis 400°) sich mit einem flockigen Ueberzug bedeckte.

Zieht man die Vergleichsgerade in Fig. 1 nach links durch, so geht dieselbe nahezu durch die Abszisse 100°. Dies würde bedeuten, dass die durchgegangene Wärmemenge nahe dem Quadrat der Temperaturdifferenz proportional ist, eine Beziehung, welche von Blechynden bei ähnlichen Versuchsverhältnissen für Stahlplatten aufgestellt wurde und bereits früher von Rankine formulirt worden ist. Wie weit man diese empirische Beziehung verallgemeinern darf, lässt sich nicht übersehen. Bei den unten blanken Platten trifft sie nicht zu.

Jedenfalls lässt die erwähnte Beziehung vollständig im Stich, wenn man dieselbe auf die Kupferplatten anzuwenden sucht. Fig. 2 (v. S.) giebt die Resultate an zwei nahe 30 *mm* dicken Kupferplatten. Die Vergleichsgerade ist ebenso eingetragen wie in Fig. 1.

Wenn hier noch von einer Geraden die Rede sein kann, welche eine Versuchsreihe darstellt, so geht dieselbe jedenfalls nicht durch den Abszissenpunkt 100°.

Ferner ergiebt sich, dass in hohen Temperaturen die Kupferplatten weniger Wärme durchlassen als die Eisenplatten. Die Uebergangswiderstände müssen hier also noch erheblich grösser werden können als für Eisen.

Fehlerquellen.

Dass es sich im Vorhergehenden nur um orientirende Versuche handelt, soll noch einmal betont werden; ± 10% Fehler sind nicht ausgeschlossen. Zur Fortsetzung der Versuche müssen bestimmt definirte Verhältnisse angestrebt werden, nämlich

1. muss die Geschwindigkeit des Stromes der Heizgase längs der Platte messbar oder wenigstens unveränderlich gemacht werden. Diese Nothwendigkeit ergiebt sich aus folgenden Versuchen.

   Bei drei korrespondirenden Versuchen mit ein und derselben Platte wurde die Temperatur 400° auf jedesmal verschiedene Weise durch Flammen- und Schieberstellung so erzeugt, dass die Geschwindigkeit des aufsteigenden Luftstromes bei dem nächstfolgenden Versuch grösser war als bei dem vorhergehenden.

Die so gefundenen Resultate für die verdampfte Wassermenge waren

bei Versuch	I	1,035 *kg* pro Stunde,
„ „	II	1,086 „ „ „ ,
„ „	III	1,098 „ „ „ ;

2. sind die Querdimensionen zu vergrössern, sowohl um die Abgabe von Wärme von den Kesselwänden wie auch besonders, um die von der Platte selbst seitlich abgegebene Wärme relativ zu verkleinern;
3. besteht eine Fehlerquelle in der durch den Versuch bedingten Veränderung der den Heizgasen zugekehrten Plattenoberflächen durch Oxydation und durch Ablagerungen aus den Heizgasen und eine dadurch hervorgerufene Aenderung der Uebergangskoëffizienten, die sich jeder Kontrole entzieht. Diese Erscheinungen scheinen besonders stark bei Eisen und Stahl, bei letzterem weniger als bei ersterem, aufzutreten. Das Kupfer verhält sich in dieser Beziehung, wie es scheint, viel günstiger.

IV. Optische Arbeiten.

1. Photometrische Arbeiten[1].

a) Prüfungen von Gasglühlicht.

Für photometrische Prüfungen ist das optische Laboratorium noch in höherem Maasse als in den früheren Jahren in Anspruch genommen worden. Insbesondere wurden zahlreiche Prüfungen von Gasglühlichtapparaten verlangt, und zwar im Herbst in einem solchen Umfange, dass wegen der Dauerversuche ein Raum im Maschinenhause der Anstalt eigens dafür eingerichtet werden musste. Eine Zeit lang waren 30 Gasglühlichtbrenner zugleich in Dauerprüfung. Vielfach wurden die Prüfungen so ausgeführt, dass die Apparate von den Monteuren in der Reichsanstalt aufgestellt und sodann auf Lichtstärke, Gasverbrauch und Gasdruck geprüft wurden. Dabei zeigte sich oft, dass die Geschicklichkeit der Monteure, welche hauptsächlich den kleinen Gasausströmungsöffnungen eine passende Grösse zu geben haben, nicht ohne Bedeutung ist. Häufig beanspruchten die Einsender aber auch die Feststellung des günstigsten Konsums, d. h. desjenigen Konsums, bei welchem der Gasverbrauch auf 1 Hefnerlicht den absolut kleinsten Werth erhält. In dieser Beziehung spielt die Formveränderung des Strumpfes während des Brennens eine grosse Rolle. Oft äussert sich dieselbe dadurch, dass der günstigste Gaskonsum bei längerem Brennen einen niedrigeren Werth erhält. Das erklärt sich so, dass der Strumpf mit der Zeit zusammenschrumpft, und dass sich also dann eine kleinere Flamme ihm besser anpasst. Ueberhaupt zeigte sich in vielen Fällen eine grosser Einfluss der Form des Strumpfes, und es wurden bisweilen Formen eingeliefert, welche offenbar ganz ungeeignet waren. Wegen dieses Einflusses der Form hat es die Reichsanstalt bisher abgelehnt, Strümpfe, welche unveascht eingeliefert wurden, zu prüfen.

Bisweilen wurden Brenner besonderer Konstruktion für Gasglühlicht eingereicht, welche eine höhere Leuchtkraft als die gewöhnlichen erzeugen sollten. Bei keiner der vorgelegten Neuerungen sind indessen Vortheile hervorgetreten.

Von besonderem Interesse waren zwei zu gleicher Zeit vorgenommene, umfangreichere Prüfungen der Erzeugnisse zweier bekannter Firmen. Bei der einen dieser Prüfungen wurden die betreffenden Apparate von der Reichsanstalt selbst beschafft, sodass Sicherheit gegeben war, dass wirklich Handelswaare zur Prüfung gelangte.

Im Ganzen gewinnt man den Eindruck, dass sich in neuester Zeit auch in Bezug auf die Qualität der Erzeugnisse die Konkurrenz gegen die alten Gesellschaften mächtig entwickelt hat und die letzteren bereits theilweise erreicht haben dürfte. Von dem Umfang der Konkurrenz giebt die Thatsache Zeugniss, dass Einsendungen von 22 verschiedenen Firmen erfolgt sind.

Die höchste überhaupt beobachtete Anfangslichtstärke war 101 Hefnerlicht (bei einem stündlichen Verbrauch von 1,3 *l* Gas für 1 Hefnerlicht); nach 100 Stunden hatte derselbe Strumpf aber nur 56 Hefnerlicht (bei einem stündlichen Verbrauch von 2,5 *l* Gas für 1 Hefner-

[1]) Zu 1. und 2. Brodhun, Liebenthal, Schönrock.

licht). Der geringste stündliche Gasverbrauch auf 1 Hefnerlicht, welcher beobachtet wurde, betrug 1,1 *l*. Nach 100 Stunden zeigte derselbe Strumpf einen stündlichen Gasverbrauch von 1,6 *l* für 1 Hefnerlicht. Ueberhaupt geben nicht diejenigen Strümpfe, welche die günstigsten Anfangswerthe zeigen, auch bei der Dauerprüfung die günstigsten Zahlen.

Beistehende Tabelle giebt eine Zusammenstellung der Ergebnisse von Dauerprüfungen, welche an Gasglühlichtapparaten von 7 verschiedenen Firmen angestellt sind.

Tabelle.

Firma	Brennstunden									Durchschnittlicher stündlicher Gasverbrauch in Liter etwa	Durchschnittlicher Gasdruck in mm Wassersäule etwa
	0	100	200	300	400	500	600	700	800		
A	73 (1,2)	53 (1,8)	45 (2,0)	41 (2,3)	36 (2,5)	37 (2,4)	—	—	—	90	
B	68 (1,6)	40 (2,5)	38 (2,6)	36 (2,8)	36 (2,8)	36 (2,9)	34 (3,1)	32 (3,2)	—	100	30
C	56 (1,8)	46 (2,2)	45 (2,2)	44 (2,3)	43 (2,4)	38 (2,7)	39 (2,6)	42 (2,4)	39 (2,6)	100	28
D	68 (1,6)	50 (2,3)	—	—	—	35 (3,2)	—	—	—	105	25
E	55 (1,8)	38 (2,8)	—	—	—	27 (4,1)	—	—	—	105	25
F	52 (2,0)	41 (2,5)	43 (2,4)	44 (2,4)	41 (2,6)	44 (2,4)	—	—	—	105	25
G	58 (1,7)	59 (1,7)	63 (1,6)	57 (1,8)	60 (1,8)	57 (1,8)	49 (2,1)	56 (1,8)	—	100	22

In der 2. bis 10. Vertikalspalte steht links die mittlere horizontale Lichtstärke in Hefnerlicht, rechts daneben eingeklammert der stündliche Gasverbrauch für 1 Hefnerlicht in Liter.

b) Die übrigen photometrischen Prüfungen.

Im Uebrigen giebt über die in der Zeit vom 1. April 1895 bis 11. Januar 1896 vorgenommenen photometrischen Prüfungen folgende Zusammenstellung Auskunft:

56 Hefnerlampen, davon
- 16 mit Visir,
- 35 mit optischem Flammenmesser,
- 5 mit beiden.

232 Glühlampen, davon
- 133 bei gegebener Spannung,
- 97 bei gegebener Lichtstärke,
- 2 Reflektorglühlampen.

1 Kohlensorte für Gleichstrom-Bogenlampen.

110 Gasglühlichtapparate, davon
- 61 in Dauerprüfung mit im Ganzen 17300 Brennstunden,
- 49 in einmaliger Prüfung.

1 Leuchtgas-Karburations-Apparat.

1 Gasstandlampe.

12 Spiritus-Glühlichtlampen.

3 Petroleumproben auf verschiedenen Brennersystemen.

4 Petroleumlampen.

4 Reflektoren für Glühlampen.

3 Photometer, davon 2 für Gleichheit und Kontrast, 1 Weber'sches.

Die Prüfungen von Hefnerlampen hatten ungefähr denselben Umfang wie im vorhergehenden Jahre. Die Einsendung erfolgte von 4 verschiedenen Firmen. Es scheint aber, dass die Herstellung aichfähiger Hefnerlampen in Deutschland nur durch 2 Firmen (Siemens & Halske in Berlin und A. Krüss in Hamburg) erfolgt. Die an Spiritusglühlichtlampen vorgenommenen Prüfungen erwecken den Anschein, dass diese Beleuchtungsart sich noch völlig im Versuchsstadium befindet. Die höchste beobachtete Lichtstärke betrug 68 Hefnerlicht (bei einem stündlichen Verbrauch von 1,6 *g* für 1 Hefnerlicht).

Soweit Bestimmungen der mittleren räumlichen Lichtstärke nothwendig waren, wurden sie mit der im letzten Bericht beschriebenen Einrichtung am Strassenphotometer ausgeführt.

c) Spektralphotometrische Prüfungen.

Unter den übrigen verlangten Prüfungen sind einige spektralphotometrische zu erwähnen, so die Bestimmung von Reflexionskoëffizienten verschiedener Spiegel und die Prüfung der Absorption eines Rauchglaskeils für ein Sternphotometer. Ferner gab die in der Tabelle erwähnte Prüfung eines Weber'schen Photometers Anlass zur Untersuchung der Absorption von Milchglas für verschiedene Farben.

Wie erwartet wurde, fand sich bei der Bestimmung der Absorption des Rauchglases wie der Milchglasplatten Abhängigkeit von der Wellenlänge, was für genaue Messungen nicht der Fall sein darf, da die Absorptionsmittel zur Schwächung gemischten Lichtes von verschiedener Farbe dienen; aber die Unterschiede waren bei dem Milchglas noch erheblich grösser als bei dem Rauchglas, sodass man sorgfältig ausgewählte Rauchgläser besser zur Schwächung gemischten Lichtes verwenden wird als Milchglasplatten.

d) Vorrichtung zur Ablesung des Sektorenapparates während der Rotation.

Bei diesen Absorptionsbestimmungen war zur messbaren Lichtschwächung der Rotationsapparat mit während der Rotation veränderlichem Sektor von grösster Wichtigkeit. Leider zeigte sich bei demselben ein Mangel, welcher erst in Folge des häufigen Gebrauchs mehr hervorgetreten ist, darin, dass die Einstellung während der Rotation, die Ablesung aber bei ruhendem Sektor bewirkt wurde. Es hat sich nämlich herausgestellt, dass während des Anhaltens des Sektors, wenn dies nicht mit grösster Vorsicht geschieht, bisweilen eine geringe, nicht kontrolirbare Aenderung der Grösse des Sektors vor sich geht. Daher wurde folgende Einrichtung angebracht, durch welche man im Stande ist, den Nonius des Theilkreises während der Rotation abzulesen.

Man beobachtet den Nonius (wenn nöthig mit Hülfe eines Spiegels oder totalreflektirenden Prismas) durch ein Fernrohr, dessen Achse zur Umdrehungsachse des Sektors senkrecht steht, und bewirkt, dass das Gesichtsfeld nur erhellt ist, wenn sich der Nonius in demselben befindet. Das Feststehen des Nonius im Gesichtsfelde während der Rotation kann man dann bewirken, indem man vom Auge aus hinter dem Objektiv eine plankonkave Zylinderlinse fest anbringt und unmittelbar hinter dieser (zwischen Objektiv und Nonius) eine plankonvexe Zylinderlinse von derselben Krümmung, welch' letztere mit dem Nonius fest verbunden ist, sich also mit diesem dreht. Der Krümmungsradius der Linsen muss gleich dem Abstand von der Rotationsachse, die Achse der Linsen der Rotationsachse parallel sein. Dann bilden beide Linsen zusammen ein Prisma von veränderlichem Winkel, dessen Ablenkung, da nur kleine Winkel in Betracht kommen, der Ortsveränderung des Nonius proportional ist. Der Abstand der Zylinderlinsen von der Rotationsachse ist für $n = 1,5$ dreimal so gross wie der zwischen dem Nonius (bezw. seinem Spiegelbilde) und der Rotationsachse zu wählen, damit die Bewegung des Noniusbildes im Gesichtsfelde durch die Prismenwirkung der Zylinderlinsen gerade aufgehoben wird. Diese Ablesungsvorrichtung ist in letzter Zeit stets benutzt worden. Sie hat auch den Vortheil der Zeitersparniss, da man den Sektor während einer Messungsreihe garnicht anzuhalten braucht.

2. Prüfung von Saccharimetern.

a) Vorarbeiten mit käuflichen Apparaten.

Behufs Feststellung der Genauigkeit der in der Technik jetzt gebräuchlichen Saccharimeter wurde ein Halbschatten-Saccharimeter mit doppelter Keilkompensation und dreitheiligem Gesichtsfeld leihweise von der Firma Franz Schmidt & Haensch beschafft. Bei diesem Apparat beträgt der unveränderliche Halbschatten 7° und der mittlere Fehler der einzelnen Bestimmung für weisses Licht etwa $\pm$ 0,03 *Ventzke*, eine Grösse, die etwa $\pm$ 37 Bogensekunden entspricht. Dieser mittlere Einstellungsfehler ist der gleiche, man mag den Nullpunkt beobachten oder aber Zuckerlösungen oder Quarzplatten einschalten. Der Hundertpunkt des Apparats entspricht einem Quarz von 1,598 *mm* Dicke.

Mit Hülfe dieses Apparats wurde ferner ermittelt, wie sich die Drehungen von Normalzuckerlösungen für gemischtes Licht verschiedener Beleuchtungslampen ändern. Es wurde mit einer Triplexgaslampe, Petroleumlampe und Auerlicht gearbeitet, und zwar mit und ohne Kaliumdichromatplatte im Okular.

In der folgenden Tabelle geben die Zahlen die beobachteten Differenzen der Drehungen, welche Normalzuckerlösungen für die verschiedenen Lichtarten bei konstanter Temperatur liefern, in *Ventzke*-Graden.

Drehung ohne Kaliumdichromatplatte minus Drehung mit Kaliumdichromatplatte			Ohne Kaliumdichromatplatte		Mit Kaliumdichromatplatte	
			Drehung für Triplexgaslampe minus Drehung für			
Triplexgas-lampe	Petroleum-lampe	Auerlicht	Petroleum-lampe	Auerlicht	Petroleum-lampe	Auerlicht
+ 0,13	+ 0,11	+ 0,11	+ 0,03	0	+ 0,02	— 0,02

Für Quarzplatten von etwa 1,6 *mm* Dicke bleiben die entsprechenden Differenzen unterhalb 0,03 *Ventzke*. Es werde noch bemerkt, dass der Nullpunkt stets von Neuem bestimmt wurde, und dass die Einstellungen bisher nur von einem einzigen Beobachter gemacht worden sind. Jedenfalls werden für den Gebrauch von Absorptionsmitteln bestimmte Vorschriften aufgestellt werden müssen.

b) Normalbestimmung des Hundertpunktes der Ventzke'schen Skale für verschiedene Lichtarten.

Für diesen Zweck wurde zunächst die Bestimmung der Drehung des Zuckers für Natriumlicht in Angriff genommen. Die Definition des Hundertpunktes war bisher die folgende: Den Normalgehalt besitzt die Zuckerlösung, welche bei 17,5° in 100 Mohr'schen *ccm* 26,048 *g* Rohrzucker enthält, in Luft mit Messinggewichten abgewogen; die Drehung, die diese Zuckerlösung bei der Beobachtung in einer Röhre von 20 *cm* Länge bei der Temperatur 17,5° im Saccharimeter ergiebt, entspricht dann dem Hundertpunkt der Ventzke'schen Skale. Dieser alte Hundertpunkt muss zunächst genau bestimmt werden. Ist dies geschehen, so muss man zu wahren *ccm* und 20° übergehen, da die Mohr'schen *ccm* fortdauernd zu Irrthümern Anlass geben, und da die Reichsanstalt sich für die Temperatur 20° entschieden hat. Nehmen wir an, dass die Technik die Quarzdicke, welche der alten Definition entspricht, beibehalten will, damit möglichst wenig an den alten Apparaten zu ändern ist, so ist nun zu bestimmen, wieviel Gramm Rohrzucker die neu zu definirende Normalzuckerlösung bei 20° in 100 wahren *ccm* enthalten muss, damit sie im Saccharimeter bei 20° dem Hundertpunkt entspricht. Dies lässt sich leicht rechnerisch ermitteln, wenn man die Abhängigkeit der Drehung nahezu normaler Zuckerlösungen von der Konzentration und der Temperatur bestimmt.

α) Beschaffung von reinem Zucker.

Die von der Firma Kahlbaum gelieferte und aus indischem Rohrzucker hergestellte *Saccharose* enthält nach den Untersuchungen im chemischen Laboratorium ausser Wasser keine fremden Bestandtheile. Das Wasser lässt sich durch Trocknen des Zuckers im Vakuum über Chlorcalcium entfernen. Der so getrocknete Zucker enthält nach der Abwägung in Luft sicher weniger als 0,02% Wasser. Demnach lassen sich die Angaben über die Konzentration der aus diesem Zucker hergestellten Lösungen bis auf ± 0,02% verbürgen.

β) Bestimmung der Ausdehnung von Zuckerlösungen.

Da die genannten Temperaturen bei Bestimmung der Dichte und der Drehung der Zuckerlösungen sich niemals streng herstellen lassen, so war es nothwendig, die Wärmeausdehnungskoëffizienten von Zuckerlösungen zu bestimmen. Dies geschah mit Hülfe eines Sprengel'schen Pyknometers. Gearbeitet wurde mit drei Zuckerlösungen von etwa 15,24 und 30%; die im Pyknometer enthaltenen Massen jeder Lösung wurden ungefähr für 6°, 20° und 30° bestimmt, bei jeder Temperatur mehrmals. Die Ausdehnung des reinen Wassers wurde der Tabelle 13 der physikalisch-chemischen Tabellen von Landolt und Börnstein[1]) entnommen.

Das Resultat der Untersuchung ist das folgende:

Für Prozentgehalte p (Gramm Zucker in 100 *g* Lösung) zwischen 0 und 30 wird der Dilatationskoëffizient a einer Zuckerlösung für Temperaturen t zwischen 11° und 26° gegeben durch die Gleichung

$$a \cdot 10^7 = 2911 + 36{,}8\,(p - 23{,}7) + 65{,}6\,(t - 20) - 1{,}92\,(p - 23{,}7)\,(t - 20).$$

[1]) Die Tabelle 13 enthält die Mittelwerthe nach den Beobachtungen von Thiesen, Scheel und Marek.

Diese Form der Gleichung ist gewählt worden, weil für eine Normalzuckerlösung nahezu $p = 23{,}7$ ist. Die Gleichung giebt die Dilatationskoëfficienten genau bis auf $\pm$ 0,000 008, was für die in Betracht kommenden Zwecke vollkommen ausreicht.

γ) Bestimmung der Drehung von Zuckerlösungen für Natriumlicht.

Gearbeitet wird mit einem grossen Lippich'schen Halbschattenapparat mit zweitheiligem Gesichtsfeld, demselben Apparat, mit dem in der Abtheilung I die Quarzuntersuchungen vorgenommen worden sind[1]).

Das Analysatorprisma, das bisher fest mit dem Theilkreis verbunden war, wurde mit einer Fassung versehen, die unabhängig vom Theilkreise um 360° drehbar ist. Dies geschah, um die Theilungsfehler des Theilkreises möglichst zu eliminiren. Als Lichtquelle dient das bereits bei den Quarzuntersuchungen in der Abtheilung I gebrauchte Linnemann'sche Sauerstoffgebläse, in dem gegossene Sodastangen verflüchtigt werden. Das Natriumlicht wird durch ein Flintglasprisma mit einem 3 *m* langen Strahlengang spektral gereinigt. Bei einem Halbschatten von einem Grad beträgt der mittlere Fehler einer Einstellung (einschliesslich Ablesungsfehler von etwa $\pm$ 2 Bogensekunden) $\pm$ 6 bis 12 Bogensekunden. Die Bestimmung der Drehung von Zuckerlösungen selbst ist noch nicht abgeschlossen.

δ) Bestimmung der Drehung von Zuckerlösungen für gemischtes Licht und verschiedene Beobachter.

Diese für die Praxis wichtige Aufgabe soll durch Gegenschaltung einer im Besitz des optischen Laboratoriums befindlichen, sehr guten negativen Quarzplatte und einer äquivalenten Zuckersäule gelöst werden.

ε) Beschaffung und Auswerthung eines Quarzplattensatzes zur Prüfung von Saccharimetern.

Bis jetzt ist man im Besitz von drei guten, vollkommen planparallelen, positiven Quarzplatten, deren Drehungen ungefähr 75°,4, 93°,5 und 100°,3 *Ventzke* entsprechen. Um ihre genaue Auswerthung vornehmen zu können, hat man einige nothwendige Vorrichtungen bauen lassen, die gestatten, planparallele Quarzplatten genau in ihrer Ebene um jeden beliebigen Winkel zu drehen und die Quarzplatten genau zur Drehungsachse des Analysators senkrecht zu stellen. Diese Vorrichtungen sollen später auch für die Prüfung eingesandter Quarzplatten dienen.

3. Versuche mit dem Bamberg'schen Brennweitenbestimmungsapparat nach E. Abbe.[2])

Nach Untersuchung der Skalen auf ihre Theilungsfehler schritt man zu einer vorläufigen Prüfung des Apparates, um zunächst einen Ueberblick über die etwaigen Fehlerquellen zu gewinnen. Den Versuchen wurde ein von der Firma Carl Bamberg in Friedenau geliehenes Objektiv zu Grunde gelegt, dessen Brennweite mittels des Apparates zu 240,8 *cm* gefunden worden war. Es wurde die Bildvergrösserung in den Abständen 5, 15, 25, 40 und 86 *cm* bestimmt und aus diesen sowohl die Lage des positiven Hauptpunktes wie die Brennweite selbst berechnet. Diese noch rohen Messungen lassen gleichwohl erkennen, dass man auch grössere Brennweiten mit genügender Genauigkeit wird bestimmen können, bei denen ein noch kleineres Gebiet innerhalb der Brennweite der Beobachtung zur Verfügung steht. Nachdem die bei diesen Vorversuchen gefundenen Mängel des Apparates beseitigt sind, sollen endgültige Versuche sowohl an dem Bamberg'schen Objektiv, wie an einem Objektiv kleinerer Brennweite (etwa 1 *m*) angestellt werden.

V. Chemische Arbeiten.[3])

1. Versuche über Stahl.

Die Frage nach den im geglühten Stahl enthaltenen Karbiden ist in ausgedehnter Weise studirt worden.

Als Objekt der Untersuchung dienten einerseits verschiedene Sorten geschmiedeten Stahls aus dem Handel, andererseits Gussstahl, welcher aus reinem elektrolytischen Eisen und reiner Kohle im kleinen Maassstabe bei Zutritt von Stickstoff zusammengeschmolzen wurde. Als Gefässe dienten Retorten aus dem feuerfesten Thon der Kgl. Porzellanmanufaktur, welcher die Schmelztemperatur des reinen Eisens noch gut verträgt.

Die Isolirung der Karbidpräparate geschah nach früheren Vorschlägen mit Hülfe verdünnter Schwefel- oder Salzsäure; man kann auch den elektrischen Strom verwenden, indem man den Stahl als Anode in einer Zinksulfatlösung benutzt; da hierbei das Präparat aber

[1]) *Wissensch. Abh. d. P. T. R.* **2.** *S. 201. 1895.*
[2]) Lummer.
[3]) Mylius, Funk, G. Schoene.

leicht durch abgeschiedene Kohle verunreinigt wird, so kann dieser Weg ebensowenig empfohlen werden, als die Anwendung der von Abel benutzten Chromschwefelsäure.

Die Nothwendigkeit, während der Extraktion des Stahls die Luft fernzuhalten, macht besondere Vorsicht unerlässlich.

Die Untersuchung hat bis jetzt folgende Ergebnisse geliefert:

A) Reines Eisen vermag bei der Schmelztemperatur höchstens 5% Kohlenstoff aufzulösen.

B) Aus der nicht gesättigten Lösung von Kohle im Eisen (Gussstahl) saigert bei der Abkühlung ein Eisenkarbid von bestimmter Zusammensetzung aus, welches auch im geschmiedeten Stahl vorhanden ist.

C) Das als Saigerungsprodukt auftretende Eisenkarbid ist eine echte chemische Verbindung und keine „feste Lösung“, da ihre Zusammensetzung unabhängig ist von der Konzentration des Kohlenstoffs im Stahl.

Der Gehalt des Eisenkarbids an Kohlenstoff wurde bei vielfachen Analysen zu 6,5 bis 6,7% gefunden; die Beobachtungen früherer Forscher werden damit bestätigt, und die Karsten'sche Formel Fe_3C, welche 6,67% verlangt, erscheint wohlbegründet.

D) Das Eisenkarbid bildet eisengraue, magnetische Blättchen; es ist charakterisirt durch seine Unveränderlichkeit gegenüber Wasser und verdünnten Säuren in der Kälte, durch die unter Zersetzung vor sich gehende Löslichkeit in warmer Salzsäure und durch die Empfindlichkeit gegen Oxydationsmittel.

Das aus Werkzeugstahl isolirte Eisenkarbid liefert bei der Zersetzung mit Salzsäure neben Eisenchlorür ein Gas, welches über 90% Wasserstoff enthält; der Rest wird aus gesättigten Kohlenwasserstoffen verschiedener Art gebildet, welche zum Theil kondensirbar sind, mit leuchtender Flamme brennen und dem Petroleum nahe stehen. Es ist möglich, dass diese unerwartet komplizirte Zersetzung noch durch kleine Verunreinigungen bedingt ist, an welchen es im Werkzeugstahl nicht fehlt.

Bei der Wirkung von Oxydationsmitteln auf das Eisenkarbid bei Gegenwart von Wasser gelangt der Kohlenstoff in Gestalt einer chokoladenbraunen Substanz zur Abscheidung, welche 20 bis 30% Wasser chemisch gebunden enthält und in das Gebiet der *organischen* Chemie gehört.

E) Alle Saigerungsprodukte des Stahls, in welchen der Kohlenstoffgehalt grösser gefunden wird als 6,7%, enthalten Verunreinigungen, welche bei der Einwirkung heisser Salzsäure ungelöst zurückbleiben.

F) Da das Eisenkarbid aus *gehärtetem* Stahl nicht mehr erhalten werden kann, so ist die Annahme berechtigt, dass dasselbe bei dem Erhitzen des Stahls auf helle Rothgluth mit dem benachbarten Eisen wieder in Reaktion tritt.

Nachdem durch die vorangegangenen Beobachtungen die Existenz eines gut definirten Eisenkarbids von der Zusammensetzung Fe_3C im Stahl bestätigt worden ist, soll die weitere Untersuchung sich enger mit den Prozessen der Härtung und deren Ursachen beschäftigen.

2. Schwammige Metalle.

Die Bedingungen bei der elektrolytischen Abscheidung in schwammiger Form sind auch für das Cadmium ganz ähnlich gefunden worden wie früher für das schwammige Zink. Auch hier tritt die Schwammbildung nur auf, wenn die Lösung an der Kathode mit Oxyd gesättigt oder übersättigt ist, und sie unterbleibt, wenn die Wasserstoffentwickelung durch Ansäuern befördert und zugleich das Oxyd in Lösung gehalten wird. Die Beobachtungen sollen noch weiter verfolgt werden.

3. Reines Zink.

Hinsichtlich des reinen Zinks war im Anschluss an frühere Versuche noch die Möglichkeit einer Verunreinigung mit Schwefel oder mit Kohle in Betracht zu ziehen. Es hat sich ergeben, dass die genannten Elemente im Zink nur in Spuren vorhanden sind, und dass sie durch Filtriren des geschmolzenen Metalls völlig entfernt werden können. Nähere Angaben sind mitgetheilt in der *Zeitschr. f. anorgan. Chemie* ***11.*** *S. 49. 1896.*

Wie von R. Lorenz kürzlich nachgewiesen worden ist, kann man durch Elektrolyse von geschmolzenem Chlorzink unter Anwendung von Kohleelektroden sehr reines Zink gewinnen.

Da das Verfahren bequem, und die Befürchtung einer Verunreinigung des Metalls mit dem Kohlenstoff der Anoden durch die obigen Versuche widerlegt ist, so verdient die Anwendung des geschmolzenen Chlorzinks zur Gewinnung von reinem Zink wahrscheinlich den Vorzug vor der Elektrolyse wässeriger Salzlösungen.

4. Schwer angreifbare Oberflächenschichten der Metalle.

Gegossene Platten von reinem Zink, als Anoden in einem neutralen elektrolytischen Bade benutzt, werden nicht gleichmässig angeätzt, sondern es bleibt eine 0,1 oder 0,2 *mm* dicke, unterfressene Oberflächenschicht stehen, jenseits welcher das Zink weiter aufgelöst wird.

Die Ursache dieser Erscheinung liegt in der mangelhaften Benetzbarkeit solcher Gussstücke, welche durch eine äusserst dünne Schicht von flüssigem Fett bedingt ist; wird dieselbe durch Alkohol abgespült, so tritt eine gleichmässige Korrosion der Anode ein. Von dieser *scheinbar* widerstandsfähigen Schicht sind die metallischen Häute zu unterscheiden, welche bei der elektrolytischen Korrosion gewalzter Zinkbleche zurückbleiben. Die Beobachtungen über die letztere Erscheinung sind noch nicht genügend gefördert, um einwandsfreie Schlussfolgerungen für die Ursache derselben abzuleiten.

Störend wirkt die Oberflächenschicht bei der Aetzmethode des Zinkdruck-Verfahrens, für welches die Zinkbleche immer erst durch Abschleifen präparirt werden müssen.

Die Versuche sollen auch auf andere Metalle ausgedehnt werden. Inwieweit ein Sauerstoffgehalt der Metalle vor der Wirkung des Anodenangriffes zu schützen vermag, muss durch besondere Beobachtungen festgestellt werden.

5. Reines Cadmium.

Gleich dem Zink gehört das Cadmium zu denjenigen Metallen, welche sich leicht in sehr grosser Reinheit gewinnen lassen.

Das aus der Kahlbaum'schen Fabrik bezogene Metall enthielt

Blei 0,03%,
Eisen eine Spur,
Zink „ „ .

Die elektrolytische Raffination des Metalls in neutraler Sulfatlösung lieferte mit Zuhülfenahme der Sublimation im Vakuum schön krystallisirte Cadmiumpräparate, in welchen durch sorgfältige Analyse keine Verunreinigung aufgefunden werden konnte.

Die Empfindlichkeit der Reaktionen ist beträchtlich; das Eisen wird durch die Rhodanreaktion, das Blei elektrolytisch kenntlich gemacht. Zur Bestimmung des Zinks muss das Metall in ganz schwacher Säure von der Anode auf die Kathode übertragen werden, wobei das Zink in Lösung geht und leichter erkennbar wird.

Ob das Cadmium von Zink frei ist, kann leicht durch einen einfachen Schmelzversuch festgestellt werden. Berührt man die geschmolzene, etwas überhitzte Metallmasse mit einem Glasstabe, so müssen sogleich die bunten Farben des dünnen Cadmiumoxyd-Ueberzuges zum Vorschein kommen; bleiben dieselben aus, so deutet dies auf einen Gehalt an Zink, dessen Oxyd zu dem Farbenspiel keine Veranlassung giebt. Noch weniger als 0,01% Zink lässt sich auf diese Weise nachweisen. Es ist wahrscheinlich, dass das elektrolytisch gereinigte Cadmium, gleich dem Zink, auf 100 000 Theile kaum einen Theil Verunreinigung enthält.

Anfangs Januar 1896 siedelte das chemische Laboratorium in das oberste Stockwerk des neuen Laboratoriumsgebäudes über.

VI. Arbeiten der Werkstatt.

1. Mechanische Arbeiten[1].

Vom 1. April 1895 bis zum 8. Januar 1896 sind bei der Werkstatt 249 Bestellungen seitens der verschiedenen Laboratorien der Anstalt eingegangen. Von diesen sind 16 noch in Arbeit, sodass also im oben angeführten Zeitraum 233 verschiedene Arbeiten ausgeführt wurden.

Eine wesentliche Beschäftigung der Werkstatt während des Betriebsjahres bestand darin, die Schaltapparate für das elektrotechnische Laboratorium anzufertigen und zu montiren. Im grossen Ganzen nähert sich diese Arbeit ihrem Ende.

[1]) Franc von Liechtenstein.

Mit Beglaubigungsstempel wurden versehen

63 Hefnerlampen,
34 Stimmgabeln,
53 Bolzengewinde und
17 zu magnetischen Untersuchungen dienende, in der Werkstatt bearbeitete Stäbe aus verschiedenen Eisen- und Stahlsorten.

Die übrigen Bestellungen betrafen theils Tischler- und Klempnerarbeiten, theils Reparaturen an Instrumenten und Apparaten.

Am 25. September 1895 bewerkstelligte die Werkstatt ihren Umzug nach den neuen Diensträumen in der Marchstrasse.

2. Versuchswerkstatt[1]).

Die am Schlusse des Berichtsjahres 1894/95 begonnenen Untersuchungen über die Hartlothe für Neusilber und ähnliches Material sind fallen gelassen worden, da sich ein direktes Bedürfniss für die genaue Kenntniss dieser Lothe, bezw. die Aufsuchung neuer Hartlothe für genannte Legirungen in Mechanikerkreisen nicht herausgestellt hat.

In der Versuchswerkstatt sind die im März 1895 angefangenen Arbeiten über die Wärmetransmission durch Metallplatten weitergeführt worden. Ueber die bis jetzt erhaltenen Resultate ist auf S. 235 bis 240 berichtet worden.

Der Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.
(gez.) Kohlrausch.

Anhang.

Veröffentlichungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt in der Zeit vom 1. April 1895 bis 1. Februar 1896.

Allgemeines.

1. Wissenschaftliche Abhandlungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt. Band 2.
2. Denkschrift über die Thätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt vom Anfang des Jahres 1893 bis Ostern 1895 (für den Reichstag).

Abtheilung I.

A. Amtliche Veröffentlichungen.

Arbeiten betr. Wärme- und Druckmessungen.

1. Prof. Dr. M. Thiesen, Dr. K. Scheel, Dr. L. Sell, Thermometrische Arbeiten betreffend die Vergleichung von Quecksilberthermometern. *W. A.* **2.** *S 1. 1895*[2]); Auszug in *dieser Zeitschr.* **15.** *S. 433. 1895.*
2. Dieselben, Untersuchungen über die thermische Ausdehnung von festen und flüssigen Körpern. *W. A.* **2.** *S. 73. 1895*; Auszug in *dieser Zeitschr.* **16.** *S. 49. 1896.*
3. Dr. L. Holborn und Dr. W. Wien, Ueber die Messung hoher Temperaturen. Zweite Abhandlung. *Wied. Ann.* **56.** *S. 360. 1895.*
4. Dieselben, Die bisherigen Bestimmungen des Wärmeleitungsvermögens von Metallen. *Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen.* **40.** *S. 45. 1896.*
5. Dr. K. Scheel, Prüfung eines Sprung-Fuess'schen Laufgewichtsbarographen neuester Konstruktion. *Diese Zeitschr.* **15.** *S. 133. 1895.*
6. Dr. K. Scheel und H. Diesselhorst, Bestimmungen der Aenderung der Schwere mit der Höhe. *W. A.* **2.** *S. 185. 1895*; vgl. auch *diese Zeitschr.* **16.** *S. 25. 1896.*

---

[1]) Schwirkus.

[2]) *W. A.* **2.**: Abkürzung für *Wissenschaftliche Abhandlungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt, Bd. 2.*

Optische Arbeiten.

1. Dr. E. Gumlich, Optisches Drehungsvermögen des Quarzes für Natriumlicht. *W. A.* **2.** *S. 201. 1895*; Auszug in *dieser Zeitschr.* **16.** *S. 97. 1896.*

Elektrische Arbeiten.

1. Dr. W. Jaeger, Die Quecksilbernormale der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt für das Ohm. *W. A.* **2.** *S. 379. 1895;* Auszug in *dieser Zeitschr.* **16.** *S. 134. 1896.*

B. Private Veröffentlichungen unter Benutzung von amtlichem Material der Abtheilung I.

1. Prof. Dr. O. Lummer und Dr. F. Kurlbaum, Ueber die neue Lichteinheit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt. *Verh. d. Physikal. Ges. 1895.*
2. Prof. Dr. O. Lummer, Ueber die Strahlung des absolut schwarzen Körpers und dessen Verwirklichung. *Naturw. Rundsch. Heft 6 bis 8. 1896.*
3. Prof. Dr. E. Goldstein[1]), Ueber die Einwirkung von Kathodenstrahlen auf einige Salze. *Sitz.-Ber. d. Berl. Akad. 1894*; *Wied. Ann.* **54.** *S. 371. 1895.*
4. Derselbe, Ueber die durch Kathodenstrahlen hervorgerufenen Färbungen einiger Salze. *Sitz.-Ber. d. Berl. Akad. 1895.*

C. Sonstige private Veröffentlichungen von Beamten der Physikalisch-Technischen Reichsantalt, Abtheilung I.

1. Prof. Dr. M. Thiesen, Ueber fehlerfreie dioptrische Abbildung durch eine einfache Linse. *Verh. d. Phys. Ges. S. 83. 1895.*
2. Dr. W. Wien, Ueber die Gestalt der Meereswellen. *Sitz.-Ber. d. Berl. Akad. 1895.*
3. Derselbe, Gestalt und Gleichgewicht der Meereswellen. *Wied. Ann.* **56.** *S. 100. 1895.*
4. Dr. W. Wien und Prof. Dr. O. Lummer, Methode zur Prüfung des Strahlungsgesetzes. *Wied. Ann.* **56.** *S. 451. 1895.*
5. Prof. Dr. O. Lummer, II. Band von Müller-Pouillet's Lehrbuch der Physik (bearb. von Leop. Pfaundler unter Mitwirkung von O. Lummer), 1. u. 2. Lfrg.
6. Dr. K. Scheel, Tafeln zur Reduktion der Ablesungen an Quecksilberthermometern aus *verre dur* und den Jenaer Gläsern 16^{III} und 59^{III} auf die Wasserstoffskale. *Zeitschr. f. d. Glasinstr.-Ind.* **5.** *S. 45. 1896.*

Abtheilung II.

A. Amtliche Veröffentlichungen.

Präzisionsmechanische Arbeiten.

1. Prof. Dr. A. Leman, Zur Bestimmung der Kaliberkorrektion für elektrische Widerstandsrohre. *W. A.* **2.** *S. 357. 1895.*
2. F. Goepel, Ueber die Prüfung von Umdrehungszählern nach Dr. O. Braun. *Diese Zeitschr.* **16.** *S. 33. 1896.*

Elektrische Arbeiten.

1. Prof. Dr. K. Feussner und Dr. St. Lindeck, Die elektrischen Normal-Drahtwiderstände der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt. *W. A.* **2.** *S. 501. 1895;* Auszug in *dieser Zeitschr.* **15.** *S. 394 und 425. 1895.*

Arbeiten betr. Wärme- und Druckmessungen.

1. Dr. A. Mahlke, Ueber die Bestimmung der Skale von hochgradigen Quecksilberthermometern aus Jenaer Borosilikatglas 59^{III}. *Diese Zeitschr.* **15.** *S. 171. 1895.*

---

[1]) Gast der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.

2. Fr. Grützmacher, Reduktion der Angaben von Quecksilberthermometern aus Jenaer Glas 59^{III} und 122^{III} sowie aus Resistenzglas auf das Luftthermometer. *Diese Zeitschr.* ***15.*** *S. 250. 1895.*

Optische Arbeiten.

1. Dr. E. Liebenthal, Ueber die Abhängigkeit der Hefnerlampe und der Pentanlampe von der Beschaffenheit der umgebenden Luft. *Diese Zeitschr.* ***15.*** *S. 157. 1895;* Auszug in der *Elektrotechn. Zeitschr.* ***16.*** *S. 655. 1895.*

Chemische Arbeiten.

1. Prof. Dr. F. Mylius und Dr. O. Fromm, Versuche zur Herstellung von reinem Zink. *Zeitschr. f. anorg. Chemie* ***9.*** *S. 144. 1895.*
2. Dr. R. Funk, Ueber den Schwefel- und Kohlenstoffgehalt des Zinks. *Zeitschr. f. anorg. Chemie* ***11.*** *S. 49. 1896.*

B. Private Veröffentlichungen unter Benutzung von amtlichem Material der Abtheilung II.

1. Dr. A. Mahlke, Ueber Pyrometer und deren Anwendung. Vortrag, gehalten in der Polytechn. Gesellschaft zu Berlin am 3. 10. 1895. *Polytechn. Centralbl.* ***57.*** *S. 13. 1895; Deutsche Töpfer- und Ziegler-Ztg. 1895. S. 393.*
2. F. Goepel, Ueber Umdrehungszähler, insbesondere die Braun'schen Gyrometer. Vortrag, gehalten im Verein zur Beförderung des Gewerbefleisses in Preussen am 6. 1. 1896.

C. Sonstige private Veröffentlichungen von Beamten der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt, Abtheilung II.

1. Prof. Dr. K. Feussner, Zwei Messwiderstände für hohe Stromstärken. *Elektrot. Zeitschr.* ***16.*** *S. 361. 1895.*
2. G. Schoene, Ueber Para-Aethoxyphenylisocyansäureester. Inaug.-Dissert. 1895.

Referate.

Ueber Entfernungsmesser.

Von Barr und Stroud. *Engineering* ***61.*** *S. 232 und 264. 1896.*

Die Mittheilung, die die Professoren Barr und Stroud über *„Telemeter and Rangefinders"*, speziell über ihr eigenes Instrument dieser Art auf der letzten Generalversammlung der *Institution of Mechanical Engineers* (30. und 31. Jan. d. J.) gemacht haben, ist geradezu mit Jubel aufgenommen worden, vgl. *Engineering* ***61.*** *S. 179. 1896*, wo auch die sich anschliessende Diskussion veröffentlicht wird: so ziemlich alle Theilnehmer an der Diskussion waren darüber einig, dass das Barr-Stroud'sche Instrument das beste bis jetzt vorhandene jener Klasse vorstelle und man allen Grund habe, die Erfinder wegen des Erfolgs ihrer 8-jährigen Arbeit an dem Instrument zu beglückwünschen. Wenn, wie so oft in der jahrhundertelangen Geschichte der Entfernungsmesser, der Jubel vielleicht auch in diesem Fall durch die oder jene Erfahrung wieder etwas gedämpft werden wird, so scheint doch zweifellos, dass in dem neuen Instrument die Schärfe der Parallaxenwinkelmessung auf eine Stufe gebracht ist, die bisher nicht erreicht war. Es wird zum Beweis dessen genügen zu sagen, dass der Maximalfehler des grössern Instruments auf 3000 Yards Entfernung nicht über 1% hinausgehen soll (bei 1000 Yards also z. B. $\frac{1}{3}$%, u. s. f., s. u.). Die Zahlen von praktischen Versuchen an anderweit genau bekannten Entfernungen werden allerdings nicht mitgetheilt, man muss aber anderseits zugeben, dass es sich nicht um ein neues Instrument handelt, sondern dass die Verf.

durch Jahre und auf Grund der Erfahrung bemüht waren, die Leistung ihres Apparates zu steigern. Das Instrument ist ein Parallaxendistanzmesser mit der Basis am Apparat (Basisschienen- oder hier Basisröhren-Distanzmesser): an den Enden der Basisröhre sitzen zwei Spiegel, deren Ebenen gegen die Achse der Röhre unter 45° geneigt sind und die also die auf sie fallenden, von dem fernen Punkt ausgehenden Lichtstrahlen in die Achse des Basisrohrs reflektiren. Unmittelbar hinter den Spiegeln befindet sich je ein achromatisches Objektiv; das Okular (oder die zwei Okulare) der beiden Fernrohre ist dann wieder senkrecht gegen die Basisröhre gerichtet, indem in diese vor das Okular ein kleines Spiegelkreuz gesetzt ist, das die zwei Bilder des Gegenstands in demselben Gesichtsfelde vereinigt. Es sind also zwei doppelt gebrochene Fernrohre vereinigt. Dieses ganze Prinzip ist nun keineswegs neu, der Grundzug, die Basisschiene, sogar älter als das Fernrohr (aber selbstverständlich ohne Fernrohre noch ganz, und mit völlig getrennten Fernrohren (voriges Jahrhundert) noch ziemlich aussichtslos); bis in unsere Tage haben die Erfinder in immer neuen Formen dieses Parallaxendistanzmessers mit einander gewetteifert, die Patentlisten enthalten Dutzende, ja Hunderte hierher gehöriger „Erfindungen". Es handelt sich nämlich um möglichst genaue direkte oder indirekte Messung des Winkels, unter dem die konstante Länge der Basisschiene von dem entfernten Punkt aus, dessen Entfernung bestimmt werden soll, erscheint; diese gesuchte Entfernung ist jenem Parallaxenwinkel einfach proportional. Die englische Admiralität verlangte von einem brauchbaren Marine-Entfernungsmesser, dass er Strecken bis zu 3000 Yards mit einem Maximalfehler von 3% zu messen gestatte (Entfernungen von 2000 Yards also mit 2% u. s. f., denn es ist sehr leicht zu zeigen, dass der Fehler der mit einem solchen Basisschienendistanzmesser ermittelten Entfernungen proportional dem Quadrat der Entfernung wächst, sodass der prozentische Fehler proportional der Entfernung ist). Wählt man, wie es die Verf. gethan haben, als Länge der Basisschiene $4\frac{1}{2}$ Fuss = $1\frac{1}{2}$ Yards (= 1,37 *m* etwa; es ist aber unnöthig, hier die Zahlen in metrische zu übersetzen, da es sich für das Folgende nur um Proportionalzahlen handelt), so entsprechen den Entfernungen 250 Yards, wo die Messung soll beginnen können, bis ∞ die Parallaxenwinkel 21' bis 0 (nämlich $\frac{1,5}{250} \cdot 206\,265'' = 1240''$, rund $= 21'$ bis $\frac{1,5}{\infty} \cdot \varrho'' = 0''$); der Gesichtsfeldraum von etwa $\frac{1}{3}$° entspricht also der Entfernungskale von 250 bis ∞. Wenn man ferner die Entfernung von 3000 Yards bis auf 1% genau messen will, wie es die Verf. bei $1\frac{1}{2}$ Yards Länge der konstanten Basis verlangen, so muss der parallaktische Winkel bis auf 1" genau (mittelbar) gemessen werden können (genau: auf $\frac{1}{200\,000} \cdot 206\,265'' = 1,''03$), und es fragt sich nun also, ob eine optisch-mechanische Einrichtung dieser Art möglich ist? P. Adie (1859) und der damalige *Astronomer Royal* Christie (1886) haben Instrumente ganz von der oben angegebenen Einrichtung konstruirt, die sich wesentlich nur in der Art der (mittelbaren) Parallaxenwinkelmessung unterschieden, die aber bei dieser Messung die oben angegebene Genauigkeit der Messung nicht erreichten. Die Verf. haben bei ihrem Instrument (1888) die Spiegel ganz fest gelassen, aber zwischen das rechte Okular (es sind zwei Okulare vorhanden) und das rechte Objektiv ein achromatisches Prisma eingesetzt; durch Verschiebung des Prismas in der Längsrichtung der Basisröhre kann die Bilderdeckung bewirkt werden. Dasselbe Prinzip ist bekanntlich schon von Rochon in seinem Doppelbildmikrometer verwerthet worden und erst vor wenigen Jahren hat de Peigné in Frankreich Telemeter nach dem angegebenen Gedanken konstruirt. Das Prisma der Verf. lenkt den Lichtstrahl um $\frac{1}{40}$ (etwa $1\frac{1}{2}$°) ab und muss in der Längsrichtung der Basisröhre um 6 Zoll bewegt werden können, um für die Entfernungen ∞ bis 250 Yards zu genügen. Die Bewegung des Prismas, die dabei 1" in der Parallaxe entspricht, ist etwa $\frac{1}{200}$ Zoll. Mit dem Prisma in fester Verbindung ist die Entfernungsskale, sodass, bei im übrigen durchaus festen Theilen des Apparats, selbst z. B. todter Gang der Bewegungsschraube des Prismas nicht von Einfluss ist. Die Entfernungsskale ist jetzt so getheilt, dass bis 500 Yards 1 Yard-Striche, dann 10 Yards-Striche bis 1500 Yards, endlich 100 Yards-Striche bis 5000 Yards (und weiter, wobei aber

vgl. oben, der Fehler rasch ins Unbrauchbare wächst) vorhanden sind. Um den Gegenstand, dessen Entfernung gesucht wird, leicht auffinden zu können, bildet der untere Theil des linken Okulars mit dem linken Objektiv zusammen ein Galilei'sches Fernrohr als *Sucher*. Die Total-Reflektoren an den Enden der Basisröhre waren zuerst Glasprismen, die aber äusserst schwierig genau genug und besonders fest genug eingesetzt werden konnten, ohne dass ihre Flächen Deformationen erlitten (die Flächen müssen auf $^1/_3$" richtig liegen bleiben, wenn im Parallaxenwinkel 1" verlangt wird); neuerdings nehmen die Verf. Metallspiegel von dem Metall, das Lord Rosse zu seinen grossen Metallspiegeln verwandte. Grosse und erst nach jahrelanger Arbeit überwundene Schwierigkeiten machte die Prismenkombination, die vor dem Okular nothwendig ist. Das Instrument sollte ferner auch für solche Fälle eingerichtet werden, in denen es sich nicht um die Entfernung eines Gegenstandes handelt, dessen vertikale Dimensionen bequeme Zerlegung in die zwei Bildhälften gestatten, sondern wo die Entfernung eines *Punktes* (Licht u. s. f.) zu bestimmen ist; zu diesem Zweck ist eine Zylinderlinse als Astigmator verbanden, die je nach Bedarf leicht eingesetzt und wieder ausgeschaltet werden kann und die den Lichtpunkt in einen langen vertikalen Lichtstrich verstreckt. Auch für manche geodätische Anwendung ist diese Einrichtung willkommen. Soviel als Andeutung über den *optischen* Theil des Apparats. Der *mechanische* hat fast noch grössere Schwierigkeiten geboten, die auch erst schrittweise in Jahren überwunden wurden; Ref. kann aber hier, ohne Figuren, nicht auf die höchst scharfsinnigen Einzelheiten eingehen, muss vielmehr in dieser Beziehung auf das Original (S. 265 bis 266) verweisen. Über Rektifikation, Gebrauch und Anwendbarkeit sagen die Verfasser ebenfalls das Nothwendige; der nautische Nutzen stand und steht ihnen in erster Linie bei dem grössern Instrument.

Neben diesem, wegen der nothwendigen Unveränderlichkeit des langen Instruments, verhältnissmässig sehr stark zu bauenden *Rangefinder* von $4^1/_2$ Fuss Basislänge (der sich seit 1888 aus einem Instrument von 30 Zoll Basislänge entwickelt hat) haben die Verfasser auch noch ein Handinstrument mit 2 Fuss (0,61 *m*) Basislänge hergestellt; die optische Einrichtung ist, im kleineren Maassstab als bei dem oben beschriebenen Instrument ausgeführt, wesentlich dieselbe, während die mechanische Einrichtung manche Abweichungen zeigt. Bei den Anwendungen dieses kleinern Instruments (dessen Genauigkeit 3% bei 3000 Yards u. s. f. erreichen soll), das freihändig oder höchstens auf einem „Gelegenheitsstativ" irgend welcher Art gebraucht werden kann, ist neben dem nautischen und militärischen Gebrauch richtigerweise auch das „*rapid surveying*" genannt, nämlich die Anwendung auf Routenaufnahmen u. dgl.

Man liest oft, dass Entfernungsmesser dieser Art kein geodätisches Interesse haben, weil ihre Genauigkeit nicht weit genug zu bringen sei, und dies ist auch für die Geodäsie im engern Sinn richtig. Aber ausser für militärische und nautische Anwendung (z. B. bei nautischen Vermessungen, Küstenaufnahmen u. dgl.) ist für den Gebrauch auf Forschungsreisen ein einfach zu gebrauchender Entfernungsmesser, der auch nur bis auf 5 *km* wie der vorliegende erträgliche Resultate gibt, höchst willkommen.

Ref. will (wie immer) nicht über ein geodätisches Instrument urtheilen, das er nicht in der Hand gehabt und eingehend selbst erprobt hat, und behält sich deshalb weitere Mittheilung für spätere Gelegenheit vor. *Hammer.*

Eine neue Konstruktion des Uhrwerkheliostaten.

Von F. C. G. Müller. *Zeitschr. f. d. phys. u. chem. Unterr. 7. S. 354. 1895.*

Auf der Grundplatte *A*, welche mit Stellschrauben versehen ist, steht lothrecht die Platte *B*, ein rechtwinkliges Dreieck, dessen Hypotenuse mit der wagerechten Kathete einen Winkel bildet, der gleich der Polhöhe des Aufstellungsortes ist. Die Achse des Drehspiegels liegt 8 *cm* vor *B* genau parallel zur schrägen Kante in den beiden Lagern *C* und *D*. Die Achse würde verlängert durch das Loch in dem Winkel *E* gehen. Aus der Zeichnung ist zu erkennen, wie der Spiegel *F* gestaltet, gefasst und mit der Achse verbunden ist. Das

Uhrwerk liegt über dem Drehspiegel und diese Anordnung ist das Eigenartige an der Konstruktion. Zifferblatt und Aufziehloch sind oben unter dem abnehmbaren Glase sichtbar. Die Stundenachse der Uhr geht hinten durch, auf ihr steckt das 24-Stundenrad, dessen hohle Welle 2 *cm* über die Rückseite des Gehäuses ragt. Sie passt genau auf das obere Ende der Drehspiegelachse und wird durch eine Druckschraube damit verkuppelt. Der feste Spiegel *G* sitzt nahe über der Grundplatte drehbar in einer Gabel, deren Zapfen senkrecht durch *B* geht und sich mit mässiger Reibung drehen lässt. Die Silberspiegel sind aus sehr dünnem Glas und so gross, dass auch beim höchsten Sonnenstand das Strahlenbündel, das etwa 25 *cm* über dem Experimentirtisch hingeht, 8 *cm* dick ist. Die Länge des ganzen Apparates beträgt 40 *cm*, die Breite 25 *cm* und die Höhe 38 *cm*. Man stellt den Heliostaten auf einer Plattform vor dem Fenster auf und vermerkt seine Meridianstellung ein für allemal darauf, indem man ihn mittels des Senkels lothrecht stellt und in dem Augenblick, wo die Sonne durch



den Meridian geht, so rückt, dass der Schatten der schrägen Kante von *BB* mit der Grundplatte zusammenfällt, dann durch Druck auf die Stellschrauben Marken auf dem Brette erzeugt, die man später mit einem Körner noch etwas vertieft. Um den Drehspiegel nach der Deklination und dem Stundenwinkel der Sonne einzustellen, befestigt man ein Kreuz aus Messingdraht, das dem Apparat beigegeben ist, mit seinen umgebogenen Enden so auf dem Spiegel, dass der Kreuzungspunkt genau auf die Spiegelmitte fällt, schlägt dann den unteren Spiegel soweit zurück, dass das Loch in *E* frei wird, dreht nach Lösung der Kuppelung den oberen Spiegel so um seine beiden Achsen, dass der Schatten des Kreuzes auf das Loch fällt und zieht die Kuppelung wieder an. Da die Zeiger der Uhr vorher nach Ortszeit gestellt waren, so hat man späterhin nicht mehr die Kuppelung zu lösen, sondern nur die Uhr nach Ortszeit zu stellen und mit dem Schattenkreuz die richtige Neigung herzustellen.

Dieser recht einfache und handliche Heliostat wird von dem Mechaniker Max Kohl in Chemnitz hergestellt und kostet nebst zylindrischem Ladenansatz, stellbarem Spalt und Diaphragmenscheibe je nach dem Uhrwerk 90 bis 120 Mark. *H. H.-M.*

Ueber Aneroidspiralen.

Von C. Barus. *Amer. Journ. of science* (4) **1.** *S. 115. 1896.*

Die erste Form des Aneroïds bildet eine Verallgemeinerung der Bourdon'schen Spirale; dieselbe besteht (Fig. 1) aus einer flach gehämmerten, dünnwandigen (etwa 0,01 *mm*) Kupferröhre *bb*, welche über einen Dorn schraubenförmig aufgewunden ist und am unteren Ende einen Spiegel oder eine andere Marke *c* trägt. Durch die Röhre *a* steht die Spirale mit der Luftpumpe in Verbindung, und um ein vollständiges Schliessen der Spirale nach dem Auspumpen zu verhindern, sind in dieselbe vom einen zum anderen Ende zwei dünne Drähte von Kupfer oder Messing von etwa 0,02 *cm* Durchmesser eingelegt. Die Vergleichung mit Quecksilberbarometern erwies die gute Brauchbarkeit dieser Vorrichtung und zwar ergab sich das Auf- oder Zusammenrollen der Spirale, in Graden ausgedrückt, proportional mit der Luftdruckänderung. Die Verringerung des Durchmessers der Spirale zeigte eine Zunahme der Empfindlichkeit. Bei den benutzten Instrumenten entsprachen bei Ablesung mit Spiegel und Fernrohr in fast 3 *m* Entfernung 10 *cm* der Skale einem *cm* Druckänderung. Zehn solcher Spiralen hintereinandergeschaltet (die Länge einer Spirale beträgt nicht mehr als 8 *cm*) liessen daher eine Empfindlichkeit von 100 *cm* der Skale auf 1 *cm* Luftdruck erreichen.

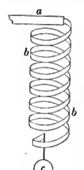


Fig. 1.

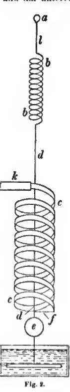


Fig. 2.

Bessere Resultate noch als mit der eben beschriebenen Spirale erzielte der Verfasser mit der in Fig. 2 dargestellten Vorrichtung. Die Spirale *cc*, die wieder am einen Ende *k* mit der Luftpumpe verbunden, am anderen Ende geschlossen war, trug unten den radialen Stiel *f*, an welchem der starre Draht *dd* einer Spiralfeder *bb*, der Spiegel *e* und die Dämpfungsplatte *g* symmetrisch zur Spirale angebracht waren. Die Spiralfeder ist mittels des steifen Drahtes *l* starr bei *a* befestigt. Die Feder *b* und die Spirale *c* sind gegen einander gewickelt; das ganze System ist daher differential, oder mit anderen Worten, die Differenzen der Viskosität und Elastizität von Feder und Spirale und die Differenzen der thermischen Aenderungen dieser Grössen kommen ausschliesslich zur Wirkung. Wenn nun Feder und Spirale so hergestellt werden können, dass sie dieselbe thatsächliche Viskosität und die gleichen thermischen Koëffizienten der Viskosität und Elastizität besitzen, so würde das System vollkommen elastisch und unabhängig von der Temperatur sein. Um diese Bedingungen zu erfüllen, muss das Metall zur Herstellung der Spirale *c* von geringerer Rigidität sein, während die entgegengewickelte Spiralfeder *bb* für hohe Viskosität gewählt werden muss. Man würde hierzu harten, bei 400° angelassenen Stahl oder einen hinreichend dicken Quarzfaden nehmen können. *Schl.*

Ueber registrirende und regulirende Thermometer mit Gasen oder gesättigten Dämpfen als thermometrische Substanz.

Von H. Parenty und R. Bricard. *Compt. rend.* **122.** *S. 919. 1896.*

Die beschriebenen Instrumente beruhen auf der Aenderung der Gleichgewichtslage eines beweglichen Systems durch die Wirkung der Wärme. Bei dem ersten Modell ist eine mit trockenem Gase gefüllte Glocke vertikal fest aufgestellt und taucht in ein kleineres Quecksilbergefäss, welches am einen Arme einer andererseits durch Gegengewichte aus-

balanzirten Waage hängt. Aenderungen der Temperatur des eingeschlossenen Gases führen eine andere Einstellung des Waagebalkens herbei, welche auf einer rotirenden Trommel registrirt werden kann. Die so gewonnenen Angaben sind abhängig vom jeweiligen Luftdrucke. Benutzt man aber ausser dem skizzirten Instrumente noch ein Waagebarometer, so kann man durch passende Kombination der Bewegungen beider Apparate mittels Hebelübertragung direkt Temperaturregistrirungen erhalten.

Der gleiche Zweck, wie durch das Waagebarometer, kann auch durch Anwendung einer zweiten in Quecksilber tauchenden Glocke erreicht werden, wenn diese mit einem anderen Gase gefüllt ist.

Eine weitere Modifikation der Registrirvorrichtung ist dadurch gegeben, dass an den beiden Enden eines Waagebalkens zwei identische Gefässe aufgehängt sind, in welche zwei gleichfalls identische Glocken tauchen, deren eine mit einem Gase gefüllt ist, deren andere luftleer einem Barometer gleich wirkt.

Das letzte Modell ist eine U-förmig gebogene, beiderseits zugeschmolzene Glasröhre, in welcher ein Quecksilberfaden enthalten ist, über dem sich auf der einen Seite ein luftleerer Raum, auf der anderen Seite ein Gas befindet. Die Lage des Schwerpunktes eines solchen Instrumentes, das um eine Achse senkrecht zur Ebene der U-Röhre drehbar gemacht ist, ändert sich mit der Spannung des Gases und die daraus resultirende Rotation des Instrumentes um seine Aufhängungsachse ist der Temperaturänderung proportional.

Praktisch würde man in diesem Falle die Temperatur dadurch messen können, dass man einen durch ein Gegengewicht gespannten Faden sich auf die Drehungsachse auf- oder von dieser abwickeln lässt. In einem speziellen Falle entsprach einer Verkürzung des Fadens um 1 *mm* eine Temperaturänderung von 0,1°.

Der Apparat wird besonders empfindlich bei Anwendung von gesättigten Dämpfen statt des Gases. *Schl.*

Ueber die Bestimmung hoher Temperaturen mittels des Meldometers.

Von William Ramsay und N. Eumorfopoulos. *Phil. Mag.* (5) ***41.*** *S. 360. 1896.*

Das von Joly zuerst beschriebene Meldometer besteht im Wesentlichen aus einem etwa 10 *cm* langen, 1 *mm* breiten und gleichförmig dünnen Platinbande, welches durch eine schwache Feder gespannt erhalten wird. Wenn man dies Band durch einen elektrischen Strom von bekannter Stärke erwärmt, so entsteht, wie durch direkte Versuche nachgewiesen werden kann, in der Mitte des Bandes auf eine Ausdehnung von etwa 6 *cm* eine Zone gleichmässiger Temperatur.

Um mit Hülfe dieser Vorrichtung Schmelztemperaturen zu bestimmen, wird ein sehr kleines, kaum mit dem blossen Auge wahrnehmbares Stück der zu untersuchenden Substanz in dieser Zone gleicher Temperatur auf das Platinband gelegt und mit dem Mikroskop beobachtet, bei welcher Stromstärke dies Stückchen gerade schmilzt; die hierzu nöthige Stromstärke lässt sich nach Ausführung eines orientirenden Versuches durch eine einzige Beobachtung sehr genau ermitteln. Die gefundenen Stromstärken lassen sich dann durch Aichung des Instrumentes mittels Substanzen von bekannter Schmelztemperatur leicht in Temperaturen umrechnen.

Die Verfasser der vorliegenden Mittheilung bestimmten mit dem Meldometer die Schmelztemperaturen einer Reihe von schwer schmelzbaren Salzen und erhielten sehr gute Resultate. *Schl.*

Ueber die Kompensation der Richtkräfte und die Empfindlichkeit der Galvanometer mit beweglichen Rollen.

Von H. Abraham. *Compt. rend.* ***122.*** *S. 882. 1896.*

Die Empfindlichkeit eines d'Arsonval-Galvanometers wird erhöht a) durch Verstärkung des magnetischen Feldes, b) durch Verkleinern der Dimensionen der beweglichen Spule, c) durch Verkleinern der Richtkraft der Aufhängung. Letzteres erreicht Abraham

dadurch, dass er den Schwerpunkt des beweglichen Systems etwas aus der Drehungsachse nach vorn herausrückt und dann das ganze Galvanometer etwas nach hinten überneigt. Ohne die Richtkraft der elastischen Aufhängung würde sich danach das System in der Ruhelage im labilen Gleichgewicht befinden. Auf diese Weise soll dieselbe Empfindlichkeit erreicht sein, welche ein Thomson'sches Galvanometer gleichen Widerstandes besitzt.

Betreffs der Punkte a) und b) sei auf eine Arbeit von Classen (*Elektrotechn. Zeitschr.* **16.** *S. 676. 1895*) hingewiesen. Nach Classen's Ansicht ist eine hohe Empfindlichkeit bisher deshalb nicht erreicht worden, weil die magnetischen Felder zu stark waren und in Folge dessen kräftige Torsion angewendet werden musste. *E. O.*

Ueber eine optische Methode des Studiums von Wechselströmen[1].

Von J. Plonchon. *Compt. rend.* **120.** *S. 872. 1895.*

Das speziellere Ziel der vorliegenden neuen Methode ist die Aufnahme der „Stromkurven" von Wechselströmen, welche den zeitlichen Verlauf der periodischen Veränderungen der Stromintensität darstellen. Während man bisher durch geeignete Kontaktvorrichtungen während jeder Periode das Strommessinstrument nur auf einen Moment an die Leitung anschloss und so die Stromkurven Punkt für Punkt bestimmte, kann mit Hülfe der neuen Methode der Stromverlauf ohne eine solche Kontaktvorrichtung beobachtet werden. Zu diesem Zwecke wird der zu untersuchende Strom durch eine Spule geschickt, welche über ein mit Schwefelkohlenstoff gefülltes Glasrohr geschoben ist. Sendet man durch dieses Rohr längs der Achse desselben polarisirtes Licht, so wird die Polarisationsebene in jedem Augenblicke um einen Winkel proportional der Stromstärke gedreht. Die Beobachtung der Drehung geschieht am Bequemsten durch ein Saccharimeter; vorgeschlagen wird von dem Verfasser die Benutzung eines Halbschattenapparates, bei welchem das vom Polarisator einfach polarisirte Licht bekanntlich in 2 Strahlen mit geneigten Polarisationsebenen zerlegt und der Analysator auf die Mittelebene, welche den Neigungswinkel jener beiden halbirt, durch Beobachtung der Uebergangsfarbe sehr empfindlich eingestellt werden kann. Wird das mit Schwefelkohlenstoff gefüllte Glasrohr mit der Wechselstromspule in diesen Apparat eingesetzt, so wird die Drehung des Analysators der Stromstärke in jedem Augenblicke proportional.

Da aber die modernen Wechselströme sekundlich 40 bis 100 Perioden zurücklegen, kann die Veränderung der Stromstärke nicht durch die Drehung des Analysators direkt verfolgt werden. Der Verfasser hat deshalb die bekannte stroboskopische Methode zur Beobachtung angewandt. An den beiden Armen einer elektrisch betriebenen Stimmgabel waren 2 Diaphragmen mit schmalen Spaltöffnungen so angebracht, dass sie sich in ihren eigenen einander parallelen Ebenen bewegten. Diese Gabel wurde vor oder hinter dem Saccharimeter aufgestellt, sodass die Lichtstrahlen, welche durch das letztere hindurchgingen, durch die beiden Spalte in *den* Augenblicken hindurchtreten mussten, wo diese sich an einander vorüberbewegten, bei einer Schwingungsdauer der Stimmgabeln von T' sekundlich also $1/T'$ mal. War die Dauer einer Periode des Wechselstromes T, so wurden also bei 2 auf einander folgenden Durchgängen der Spalte Stromstärken gesehen, welche in Wirklichkeit in dem Zeitintervall $T' - T$ auf einander folgen, während sie durch die Stimmgabeln im Zeitintervall T' beobachtet werden. Die scheinbare Periodendauer Θ des Wechselstromes verhält sich also zur wahren T wie T' zu $T' - T$, d. h. man kann bei passender Wahl der Stimmgabel die Veränderungen des Wechselstromes für die Beobachtung beliebig verlangsamen. Der Lichtverlust durch die Spalte machte die Benutzung einer intensiven Lichtquelle nothwendig; als solche benutzte der Verfasser eine Bogenlampe, deren Licht er zunächst durch eine an der Austrittsseite mattgeschliffene Wanne mit Kaliumbichromat hindurchgehen liess.

[1]) Mittheilung über eine im *„Laboratoire d'Électricité industrielle de la Faculté des Sciences de Grenoble"* ausgeführte Arbeit.

Er gewann dann

1. die Periodendauer des Wechselstromes mit Hülfe der Gleichung

$$T = \frac{T' - T}{T'} \Theta ;$$

2. die Maximalwerthe der Stromstärke I_{max}, indem er den Analysator so weit drehte, bis er auf eine Stromstärke eingestellt war, die während einer halben Periode nur einmal auftrat. Eine kleinere Drehung erzeugte die empfindliche Uebergangsfarbe zweimal pro halbe Periode, eine grössere durfte sie überhaupt nicht liefern;

3. den Verlauf der ganzen Stromkurve, indem er den Analysator nach und nach auf verschiedene Winkel zwischen 0 und dem I_{max} entsprechenden Winkel einstellte und mit einem Chronographen die Zeitpunkte bestimmte, an welchen die diesen Winkeln zugehörigen Stromstärken auftraten.

Die geschilderte Methode hat zwar den Vorzug, den sehr unbequemen und häufigen Betriebsstörungen unterworfenen Kontaktapparat zu vermeiden, hängt aber von dem gleichmässigen Laufe der Wechselstrommaschine in dem Maasse ab, dass ihre Anwendung doch grosse praktische Schwierigkeiten bieten wird. *Rr.*

Neu erschienene Bücher.

Die Messtisch-Praxis. Von Th. Tapla. Leitfaden für eine rationelle Durchführung der wichtigsten Messtisch-Operationen. gr. 8°. IV, 31 S. m. 5 lith. Taf. Leipzig u. Wien, Fr. Deuticke. 1896. Preis 1,50 M.

Der Titel des vorliegenden Werkchens ist (im Sinne *deutscher* Ingenieure und Geometer) insofern ganz irreführend, als die in Wirklichkeit wichtigste „Messtisch-Operation", die Messtisch-Tachymetrie, mit keinem Wort erwähnt wird. Es bietet nur Anleitung zu Horizontalmessungen mit dem Messtisch, die Kippregel des Verf. hat keinen Höhenkreis oder Höhenbogen. Der Verf. sagt selbst, „dass der langjährige Kampf zwischen Messtisch und Theodolit heute im Grossen und Ganzen zu Gunsten des letzteren entschieden ist" und bekanntlich ist in den Staaten des Deutschen Reiches der Gebrauch des Messtischs für die Horizontalmessung der Feldmesser verboten. Aber der Ref. möchte dem Verf. darin nicht widersprechen, dass es „noch Fälle genug" giebt, „in denen der rationell vorgehende Geometer mit voller Berechtigung und mit vollem Erfolge zum Messtische greifen kann", auch für Horizontalmessungen: dort, wo es auf möglichst rasch fertige Arbeit, wenig auf Genauigkeit ankommt, bei billigem Grund und Boden u. s. f.; es genügt ja vollständig, an die Messtisch-Arbeiten im Vaterland des Verfassers zu erinnern: die Katastrirung des Okkupationsgebiets hätte ohne Anwendung des Messtischs auf Grund reiner Zahlenmethoden sicher nicht in der überraschend kurzen Zeit beendet werden können, in der das geschehen ist. Aber gerade für diese Zwecke ist es nicht wohlgethan, wenn der Verf. (auch wenn er sein Buch nur für den Anfänger bestimmt hat) sich ganz auf das graphische Einschneiden und die Verbindung der graphisch festgelegten Ziellinien mit direkten Längenmessungen beschränkt und das distanzmessende Fernrohr ganz bei Seite lässt; gerade hier ist die „Distanzmessung" sehr am Platze.

Von Messtischkonstruktionen beschreibt der Verf. nur die von Starke; die Kippregel ist richtigerweise mit Vorrichtung (Libelle und Schraube) zur vom Tisch unabhängigen Horizontallegung der Kippachse versehen. Die Anforderung, dass die Projektion der Fernrohrziellinie die Ziehkante enthalte, braucht bekanntlich nicht einmal so genau erfüllt zu sein, als die zwei Nadeln, die der Verf. anwendet, gestatten, vielmehr genügt Augenmaass, d. h. also das Vertrauen in die Arbeit des Mechanikers. *Hammer.*



Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Redaktionskuratorium:

Geh. Reg.-Rath Prof. Dr. **H. Landolt**, Vorsitzender, Prof. Dr. **A. Westphal**, geschäftsführendes Mitglied, Prof. Dr. **E. Abbe**, Dr. **H. Krüss**.

Redaktion: Dr. St. Lindeck in Charlottenburg-Berlin.

XVI. Jahrgang. **September 1896.** Neuntes Heft.

Beugungsbilder und deren Messung.

Von

Karl Strehl, K. Gymnasiallehrer in Weissenburg a. S.

Eigenartige, doch auf strenge Rechnung gegründete Verhältnisse möchte ich in Folgendem vorführen. Aehnliche Bestrebungen finden sich schon bei Struve. Allein er blieb mitten in seinen Entwicklungen[1]) stehen, ohne zu allgemeinen Resultaten zu kommen. Auch André[2]) versuchte Aehnliches, doch seine Zahlenangaben sind unzuverlässig und seine Schlüsse folglich nicht stichhaltig. Heute noch sind strenge Entwicklungen auf diesem Gebiete nicht vorhanden; ich musste daher, wenn ich überhaupt zum Ziele kommen wollte, grösstentheils mechanische Quadratur anwenden, halte dies aber für keinen grossen Nachtheil; denn einmal liess sich ein unstatthaftes Anwachsen der Fehler beim Aufsummiren vermeiden, indem immerhin eine theoretische Grundlage zur Kontrole zu Gebote stand, zum anderen möchte ich den Werth strenger Reihenentwicklungen als sehr problematisch erachten, wenn sie schliesslich so wenig konvergent sind, dass man sich mit einer geringen Genauigkeit zufrieden geben muss. Dagegen hat sich bei dieser doch wesentlich für die Praxis bestimmten Untersuchung die in meiner „Theorie des Fernrohrs" (Leipzig 1894) auf S. 93 empfohlene Methode, über welche ich nachzulesen bitte, durchaus bewährt. Ich will nur noch erwähnen, dass es genügte, als Winkelintervall des Polarkoordinatennetzes $2^1/_2{}^0$ zu nehmen, während der Radius bis auf Hundertel bestimmt werden musste. Etwa noch an den Grenzen sich ergebende Unstetigkeiten wurden graphisch ausgeglichen, doch wäre dies nicht einmal nöthig gewesen. Eine erschöpfende Theorie der Messung von Fernrohrbildern zu geben, konnte nicht meine Absicht sein: ruhen ja doch die 78 Endzahlen schon auf der Bestimmung von gering gerechnet 5000 Zahlenwerthen. Vielmehr wollte ich an der Hand einiger besonders einfacher und wichtiger *idealer* Fälle darlegen, welche Einflüsse auf diesem Gebiete überhaupt und in welcher Weise sie wirksam sind, soweit es auf die optischen Verhältnisse ankommt. Und diese scheinen bisher noch viel zu wenig beachtet worden zu sein. Wenn von Seiten einzelner Beobachter etwa behauptet werden ist, dass dieser Einfluss durch die Beobachtungsmethode schliesslich herausfalle, indem z. B. die Durchmesser der Planeten bei verschiedenen Entfernungen, d. h. also bei verschiedener Bildgrösse gemessen und dann nach der Methode der kleinsten Quadrate ausgeglichen werden, so habe ich dagegen den gewichtigen Einwand, dass der systematische optische Messungsfehler bei wechselnder

[1]) Ueber den Einfluss der Diffraktion an Fernröhren auf Lichtscheiben. *Mémoires de l'académie impériale des sciences de Saint-Pétersbourg* **30.** *1882.*

[2]) *Étude de la diffraction dans les instruments d'optique. Ann. scient. de l'école normale supérieure* **5.** *1876.*

Bildgrösse (eventuell auch wechselnder Phase) weder *konstant* ist noch *proportional* wächst, sich deshalb nach der bisherigen Gepflogenheit weder eliminiren noch bestimmen lässt. Was aber die Versuche betrifft, an Modellen den Fehler optischer Provenienz zu eruiren, so haben dieselben blos dann Geltung zu beanspruchen, wenn dabei die in Wirklichkeit statthabenden *physikalisch-optischen* (nicht blos *geometrisch-optischen*) Bedingungen genau nachgeahmt sind, was leider nicht der Fall, ja grossentheils nicht einmal möglich ist. Es wird also immerhin nothwendig sein, auf theoretische Studien zurückzugreifen und an der Hand derselben die praktischen Methoden kritisch zu untersuchen. Wie kann man aber in komplizirten Fällen auch nur eine Ahnung von der Wirklichkeit haben, wenn nicht wenigstens einfache vorher ganz genau erforscht sind. Hier also wollte ich das Mögliche thun.

Vorbemerkungen.

Man muss bekanntlich zwischen dem geometrischen und dem Beugungsbild eines durch ein Fernrohr betrachteten Gegenstandes unterscheiden. Wie letzteres aus ersterem abzuleiten ist, habe ich in meinem Werke S. 91 ausführlich beschrieben und bitte, um hier nicht weitschweifig werden zu müssen, an dieser Stelle nachzulesen. Als Maass in der Brennebene ist hierbei weder der lineare noch der Winkel-Abstand brauchbar, vielmehr die theoretische Grösse (zugleich reine Zahl) $Z = \frac{2 \pi \sigma r}{\lambda p}$, wobei r den Halbmesser und p die Brennweite des Objektivs, λ die Wellenlänge und σ den linearen Abstand in der Brennebene bedeutet. In folgender kleinen Tabelle habe ich für verschiedene *Objektivdurchmesser* (die Wellenlänge $\lambda = 0{,}55\,\mu$ zu Grunde gelegt) sowohl die Werthe von Z, welche einer Bogensekunde entsprechen, als auch die zum Werth $Z = 1$ gehörigen Bruchtheile einer Bogensekunde zusammengestellt.

0,55 μ	10 *cm*	20 *cm*	30 *cm*	40 *cm*	50 *cm*	60 *cm*	70 *cm*	80 *cm*	90 *cm*	100 *cm*
Z (1″)	2,8	5,5 +	8,3	11,1	13,8 +	16,6	19,4	22,1 +	24,9	27,7
$Z = 1$	0″,36	0″,18	0″,12	0″,09	0″,07	0″,06	0″,05	0″,04 +	0″,04	0″,03 +

Wenn man sich fragt, ob das Auge das maassgebende Detail des Beugungsbildes genügend gesondert aufzufassen im Stande ist, so möge zur Notiz dienen, dass Schiaparelli seine Doppelsternmessungen gewöhnlich mit Vergrösserung 417 bei 218 *mm* Objektivdurchmesser machte; hierbei hat ein Netzhautelement bezogen auf die Brennebene fast genau den Durchmesser $Z = 1$; es werden also, besonders bei stärkeren Vergrösserungen (mehr als 2 auf 1 *mm* der Oeffnung), die auf die einzelnen Netzhautelemente treffenden Lichtmengen, wie ich mich auch noch durch eine besondere Rechnung überzeugte, den punktweisen Intensitäten des Beugungsbildes in erster Annäherung proportional sein.

Die Grössen Z dienen nun als Abszissen in der 1. Spalte der jeweiligen Tabelle für die rechts davon stehenden Intensitäten als Ordinaten. Unter den Intensitäten befinden sich in jeder Spalte die wirklichen *Abstände* der *geometrischen* Bildränder bei scheinbarer *Berührung* der *Beugungsbilder* für den Fall von Messungen mittels eines *Doppelbildmikrometers*, und zwar jedesmal für 0 % bezw. 5 % oder 10 % als Grenze der Empfindlichkeit des Auges für Unterschiede in der Lichtstärke angegeben.

Bei Doppelbildmikrometermessungen — und auf solche allein beziehen sich aus weiter unten zu erörternden Gründen diese Studien — kann der Beobachter eine scheinbare Berührung der Beugungsbilder nur daran erkennen, dass eine vorher bemerkte dunkle Lücke zwischen hellen Bildern oder helle Lücke zwischen dunklen Bildern

verschwunden ist (alsdann werden im Allgemeinen die Ränder der geometrisch-optischen Bilder *nicht* in Berührung sein, sondern auseinanderstehen, was durch positive Zahlen angedeutet ist, oder ineinandergreifen, in welchem Falle die mit *n* hinten bezeichneten Zahlen als negative aufzufassen sind). Ein Verschwinden der Lücke tritt aber *subjektiv* bereits dann ein, wenn die Lichtstärke in der Mitte der beiden Beugungsbilder sich von derjenigen der nächstliegenden hellsten oder dunkelsten Bildpartien nur um einige % unterscheidet. Im günstigsten Fall liegt die Empfindlichkeitsgrenze des Auges nach Untersuchungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt bei 3 % bis 4 %; wir dürfen für sehr starke Vergrösserungen etwa 5 %, unter schlechteren Verhältnissen wohl das Doppelte annehmen. Bestärkt werde ich in meiner Ueberzeugung durch die Thatsache, dass unzählig viele und verschiedene Doppelsternbeobachtungen als theoretische Auflösungsgrenze für 10 *cm* Oeffnung und $\lambda = 0{,}55\,\mu$ als hellste Spektralstelle den Werth $Z = 3{,}2$ ergeben; wie wir aber aus Tabelle $P\mathfrak{M}$ unten erkennen, entspricht dies eben 3 % bis 4 %, eine Uebereinstimmung, wie man sie nicht schöner wünschen kann.

Was nun die Ueberschriften der einzelnen Spalten betrifft, so bezeichnet $\mathfrak{M}$ den Fall, wo die einzelnen Stellen des *geometrisch*-optischen Bildes untereinander *nicht* zu *interferiren* vermögen; M und M^2 den Fall, wo die einzelnen Stellen des *geometrisch*-optischen Bildes gegenseitig *interferenzfähig* sind. Ersteres tritt bei dem Bild der Sonne ein; die Bilder der Planeten werden mehr oder weniger in der Mitte zwischen beiden Fällen stehen; ganz rein ist letzterer Fall nirgends verwirklicht. Ich bitte also stets im Auge zu behalten, dass, wenn im Folgenden von *beleuchteten* Objekten die Rede ist, die Resultate der Berechnungen sich stets zunächst auf diese *idealen* Fälle beziehen. Das geometrisch-optische Bild eines Planeten — selbst wenn es dem blossen Auge als gleichförmige Lichtscheibe erscheint — hat man sich meiner Ueberzeugung nach vorzustellen als aus einer Unzahl von Stellen mosaikartig zusammengesetzt, welche in wechselnder Vertheilung nach Amplitude, Phase und Polarisation der Schwingungen, von der Farbe ganz abgesehen, theils übereinstimmen, theils nicht übereinstimmen. Struve und André, in neuerer Zeit auch Michelson, gehen freilich einfach über all diese Schwierigkeiten hinweg. Hieraus erhellt am besten, dass eine strenge Messungstheorie aufzustellen unmöglich ist; man muss sich zufrieden geben mit den *Grenzen*, in denen sich der systematisch-optische Messungsfehler hält; zu diesem Zweck eben mussten die *idealen* Fälle berechnet werden.

Da es sich aber beim Messen um die *gegenseitige Ueberschiebung* von 2 *Beugungsbildern* handelt, so hat man in letzterem Fall wieder 2 Unterfälle zu unterscheiden.

Beim *Heliometer* sind (praktisch nur in letzterem Fall) die beiden Beugungsbilder auch gegenseitig interferenzfähig; jedoch gelten diese Untersuchungen nicht ohne Weiteres oder nur in erster Annäherung für die Heliometer bisheriger Konstruktion, weil sie für beide Bilder Vollobjektive voraussetzen, während beim Heliometer jedes Bild zwar auf genau dieselbe Weise, aber nur durch ein Halbobjektiv erzeugt wird, dessen Beugungsbilder nur nach einer Richtung — freilich der Messungsrichtung — denen eines Vollobjektivs ähnlich sind. Es liesse sich allerdings eine Vorrichtung konstruiren, wo beide Bilder durch Vollobjektive erzeugt würden. Steinheil's Okularheliometer steht den gewöhnlichen Objektivheliometern in dieser Beziehung ganz gleich, da es beugungs-theoretisch auf dasselbe hinauskommt, ob das Lichtbündel vor dem Objektiv oder nach dem Okular halbirt wird. Bei letzterem tritt unter Umständen noch die ungleiche Helligkeit der beiden Bilder als eine das Messungsresultat beeinflussende Störung hinzu. Für Instrumente dieser Art nun hat man bei gegen-

seitiger Ueberschiebung der Beugungsbilder die jeweilig zusammentreffenden Werthe M zusammenzufassen, welche ihrer Natur nach abwechselnd positiv und negativ sind.

Dabei ist vorausgesetzt, dass das Instrument so genau gearbeitet ist, als für ein Uebereinanderlagern von Bildern mit gleicher Schwingungsphase nothwendig ist; würden z. B. in der Mitte entgegengesetzte Schwingungsphasen zusammentreffen, so würde dies merkwürdige Erscheinungen zur Folge haben — für unsere idealen Bedingungen natürlich, wie sie in Wirklichkeit kaum je vorkommen.

Beim *Kalkspathmikrometer* dagegen entsprechen die beiden Bilder dem ordentlichen und ausserordentlichen Strahl, sind also untereinander wegen kreuzweiser Polarisation zu interferiren nicht im Stande. Für Instrumente dieser Art also überschieben sich die Werthe M^2, welche wesentlich positiv sind.

Bei der Messung selbstleuchtender Objekte fällt natürlich mit der Möglichkeit der Interferenz überhaupt auch dieser Unterschied zwischen den beiden Arten von Doppelbildmikrometern weg.

Endlich habe ich noch zu bemerken, dass sämmtliche Zahlen (sowohl die Werthe für die Intensität, als auch die Messungsfehler) durch 100 zu dividiren sind. Bei den Intensitätswerthen bedeutet ein + hinten, dass als Dezimalstellen 4 bezw. 5 oder 6 folgen würden, darüber hinaus wurde erhöht; diese Zahlen dürften auf ± 0,5 der letzten Stelle genau sein. Die Werthe für die Messungsfehler (unter den vorigen) waren sehr schwierig und umständlich zu ermitteln; trotzdem dürften sie auf ± 5 Einheiten der letzten Stelle genau sein. Giebt man diesen letzteren Werthen das umgekehrte Zeichen, also den gewöhnlichen das Vorzeichen —, den mit n hinten bezeichneten das Vorzeichen +, so hat man die *Korrektionen*, welche man an den Messungen anbringen muss, um den *wahren* Durchmesser der *geometrisch-optischen* Bilder zu erhalten, alles zunächst in Z ausgedrückt; durch Eingehen in die kleine Tabelle am Anfang erhält man dann Bogensekunden.

Kreisscheiben.

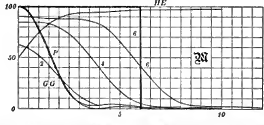
$6^2\pi$				$4^2\pi$				$2^2\pi$			
Z	M	M^2	$\mathfrak{M}$	Z	M	M^2	$\mathfrak{M}$	Z	M	M^2	$\mathfrak{M}$
0	85	72	90	0	140	196	84	0	78	61	62
	96 +	93	88 +		130 +	171	84		75 +	57	59
3	111	122 +	87 +	2	107	114 +	79 +	1	69	48	52
	95	90	76		74 +	55 +	63 +		59 +	35 +	42
6	49	24	42	4	42	17 +	39	2	47 +	22 +	31
	06	00 +	11		18	03	17		34 +	12	21
9	— 08	00 +	02 +	6	01	00	05	3	22	05	12 +
	— 01	00	02		— 04	00	02		11	01	06 +
12	04	00	01	8	— 03 +	00	01 +	4	02	00	03
0%	015 n	185 n	030 n	0%	195 n	385 n	045 n	0%	075	075 n	030 n
5%	010 n	170 n	010 n	5%	175 n	350 n	020 n	5%	085	055 n	000
10%	000	150 n	010	10%	150 n	325 n	000	10%	090	040 n	020
	$1-M$	$(1-M)^2$	$1-\mathfrak{M}$		$1-M$	$(1-M)^2$	$1-\mathfrak{M}$		$1-M$	$(1-M)^2$	$1-\mathfrak{M}$
0%	015 n	170	030 n	0%	195 n	190	045 n	0%	075	220	030 n
5%	010 n	145	005 n	5%	185 n	130	010 n	5%	090	165	025
10%	000	135	020	10%	175 n	110	020	10%	100	145	075

Vorausgesetzt sind als geometrisch-optische Bilder Kreise, deren Radius $Z = 6$ bezw. 4 oder 2 sei, ihre Flächen also $6^2\pi$, bezw. $4^2\pi$ oder $2^2\pi$; hier wird Z vom Mittel-

punkt aus gerechnet. Sämmtliche Stellen des Bildes sollen mit identischem, entweder interferenzfähigen oder nicht interferirenden Lichte leuchten (bei der Sonne und den Planeten nimmt dagegen die Lichtstärke gegen den Rand stark ab, bei letzteren ändert sich auch die Schwingungsphase und das Polarisationsverhältniss, also die Fähigkeit zum Interferiren). Die Intensitätswerthe sind hier *absolute* (nicht bloss relative), wobei die Durchschnittslichtstärke des *geometrisch*-optischen Bildes als Einheit zu Grunde liegt. Der Durchschnitt des letzteren als Lichtmasse gedachten Bildes wäre ein Rechteck, wo am geometrischen Bildrand die Lichtstärke plötzlich von 1 auf 0 sinkt (in den beigegebenen Figuren sind die halben Durchschnitte gezeichnet), während sie von der Mitte bis zum Rand konstant ist. *Grössere Kreisscheiben* konnten nicht berechnet werden, weil die vorhandenen Tafeln der Bessel'schen Funktionen nicht ausreichen; *indess nähern sich deren Verhältnisse allmählich mit wachsendem Radius denen der weiter unten zu besprechenden Halbebenen.*

a) Hell auf dunklem Grunde.

Beim blossen *Betrachten* kommen die Energiebeträge $\mathfrak{M}$ für selbstleuchtende bezw. M^2 für beleuchtete Scheiben zur Geltung, während beim *Messen beleuchteter* Scheiben mit dem *Heliometer* sich die Schwingungsgeschwindigkeiten M des Aethers an den ein-



zelnen Bildstellen übereinanderlagern (der resultirende Werth muss dann wieder quadrirt werden, worauf bei Bestimmung der Messungsfehler für verschiedene Empfindlichkeit Rücksicht genommen worden ist).

Verfolgen wir die kurz mit $6M^2$ bezeichnete Kurve; sie entspricht annähernd dem halben Durchschnitt durch den grössten Jupitertrabanten in einem Fernrohr von 13 engl. Zoll Oeffnung. Mit einem Schlag erklärt sich die Wahrnehmung eines dunklen Fleckes auf dem hellen Trabanten, wie sie Prof. Pickering zu Arequipa in Peru mit seinem Clark-Refraktor gemacht hat. *Also auch so grosse Fernrohre können noch Täuschungen hervorrufen.* Ferner sehen wir, dass die Helligkeit des Beugungsbildes eines beleuchteten Körpers diejenige des geometrisch-optischen (in der Mitte bei $4M^2$ oder in einer ringförmigen Zone bei $6M^2$) fast bis zum Doppelten übersteigen kann, während die selbstleuchtender stets unter der normalen zurückbleibt, wie ich schon in meinem Werke schilderte. André und Struve weichen hier darin ab, dass sie die Planeten rechnerisch einfach als selbstleuchtende Körper betrachten. Die Helligkeit der Mitte des Beugungsbildes lässt sich stets streng berechnen mit Hülfe der Funktionen $\mathfrak{M}(Z) = 1 - J_0^2 - J_1^2$ für selbstleuchtende und $M(Z) = 1 - J_0$ für beleuchtete Objekte. Für $\mathfrak{M}(Z)$ gab ich im vorigen Jahr in *dieser Zeitschrift* **15.** *S. 362. 1895* eine kurze Tabelle; die beiden ausführlichen jedoch, wie ich sie zu diesen Berechnungen brauchte, kann ich hier des Raumes wegen nicht veröffentlichen.

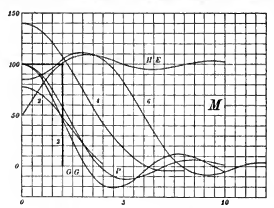
Gehen wir nun zur Messung über. Um nur eines hervorzuheben: am grössten sind die Fehler beim Messen mit dem *Kalkspathmikrometer* bei *beleuchteten* Flächen von

solcher Grösse, wie sie das *Beugungsscheibchen* eines Fixsterns hat. Hier kommt der Messungsfehler (Tabelle $4^2 \pi M^2$) von der Grösse $Z = -3{,}85$ fast dem Radius der zu messenden Scheibe gleich. Asteroïden und Trabanten in grossen Fernrohren (Neptun, Uranus, Merkur in kleinen) könnten also unter Umständen bis zur Hälfte zu klein gemessen werden. Und doch sind Messungen von Trabanten und Asteroïden schon zum Oefteren ausgeführt bezw. versucht worden.

b) Dunkel auf hellem Grunde.

Hier sind für beleuchtete Objekte beim Heliometer die Werthe $(1 - M)$, beim Kalkspathmikrometer die Werthe $(1 - M)^2$, für selbstleuchtende Objekte bei beiden die Werthe $(1 - M)$ zu bilden und zu überschieben. Ich habe jedoch bloss die Messungsfehler angegeben.

Würden wir $(1 - M)^2$ für $4^2 \pi$ bilden, so würden wir in der Mitte der dunklen Scheibe einen hellen Fleck herausrechnen; es erklären sich hieraus die Beobachtungen,



welche Prof. Pickering am 4. Jupitermond gemacht hat, als derselbe dunkel vor der hellen Jupiteroberfläche stand. Es ist aber fraglich und ich bin überzeugt, dass hier nicht nur so zu sagen subjektive Beugungserscheinungen des Instruments, sondern objektive im grossem Maassstab mitwirken. Ganz sicher ist dies bezüglich des hellen Fleckes und der umgebenden Ringe (angebliche Atmosphäre) bei Merkurdurchgängen der Fall. Hier kommen der selbstleuchtenden Sonnenoberfläche wegen die Werthe $(1 - \mathfrak{M})$ in Rechnung, welche solche Resultate nicht haben, sodass der Grund dieser merkwürdigen Erscheinungen *nicht im Instrument* zu suchen ist. *Es liegen vielmehr Fresnel'sche Beugungsexperimente in riesigem astronomischen Maassstab vor.* Ich bin sogar geneigt, den sog. Gegenschein der Sonne beim Zodiakallicht u. a. mehr für solche *objektive astronomische Beugungserscheinungen* zu halten. Wer wie ich einmal das Glück gehabt hat, von einem Alpenberg von 3000 *m* Höhe aus, dessen Spitze als Beugungsschirm diente, auf einer Wolkenwand 1000 *m* unter der Spitze durch die Sonne die prachtvollsten Beugungsringe hervorgebracht zu sehen (es war im Herbst 1893 auf dem Rothpleisskopf bei Landeck in Tirol), der zweifelt daran nicht länger.

Gehen wir nun zur Messung über. Auch hier misst wieder das Kalkspathmikrometer kleine dunkle Scheiben auf *beleuchtetem* Grunde am schlechtesten; es tritt dabei sogar die Komplikation ein, dass nicht, wie man erwarten sollte und wie es ausserdem der Fall ist, eine *helle* Lücke zwischen den beiden dunklen Scheiben ver-

schwindet, sondern eine *dunkle* Lücke von *hellen* Streifen umsäumt. Im Uebrigen ist der Messungsfehler bei *selbstleuchtendem* Grunde (also z. B. Venusdurchgängen) oder bei beleuchtetem mit dem *Heliometer* für 0 % Empfindlichkeitsgrenze derselbe wie im umgekehrten Falle a), soweit es auf das *Instrument* ankommt. Allein es tritt wie gesagt meiner Ueberzeugung nach, weil es sich nicht um *Lücken in* einem hellen Grunde, sondern um *Körper* in beträchtlicher Entfernung *vor* dem hellen Grnnd handelt, astronomische Beugung im Grossen auf, welche das Resultat in *zunächst unbekannter Weise verändert.* Aus gleichem Grunde brauche ich auf das Problem des Venusdurchganges, welches schon Struve behandelt hat, nicht näher einzugehen.

Selbstverständlich ist der Messungsfehler bei Planeten, welche *Phase* zeigen, wieder ein *ganz anderer*; allein es hätte zu weit geführt, auch solche komplizirte Fälle zu berechnen. Die Hauptgesichtspunkte werden wohl schon aus dem Gegebenen ersichtlich werden. Sogar auffallende Lichtvertheilung auf einer kleinen Scheibe kann das Messungsresultat beeinflussen, sodass z. B. die von Prof. Pickering „gemessene" Elliptizität der Jupitersmonde ebensowohl reell als anch durch ein hell hervorstechendes Aeqnatorialband vorgetäuscht sein kann (vgl. die direkte Wahrnehmung eines solchen durch Barnard auf der Lick-Sternwarte).

Geraden, Punkte.

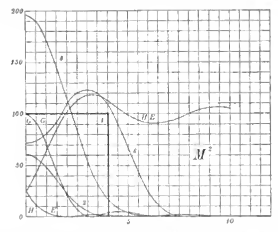
a) Hell anf dnnklem Grunde.

Z	GG			P	
	M	M^2	$\mathfrak{M}$	M	$\mathfrak{M}$
0	100	100	100	100	100
	84	71	76	88	77 +
2	45 +	20 +	31 +	58	33
	05	00	06	22 +	05
4	— 19	03 +	03 +	— 03	00
	— 19	04	04	— 13	02
6	— 05	00	02	— 09	01
	09	01	01	— 00	00
8	12	01 +	01 +	06	00 +
	04 +	00	01	05 +	00
10	— 05 +	00	00 +	01	00
0 %	425	250	285	460	295
5 %	430	275	315	480	330
10 %	435	290	330	490	345

Hier mussten für ein Koordinatennetz aus quadratischen Maschen von der Seite $Z = 0{,}5$ die Werthe PM und $P\mathfrak{M}$ berechnet werden, nachdem der Abstand Z jedes Knotenpunktes vom Mittelpunkt $Z = 0$ bestimmt war. Diese Tabelle, welche ich Raummangels wegen hier nicht veröffentlichen kann, würde sogar gestatten, für beliebig gestaltete geometrisch-optische Bilder, z. B. für Rechtecke und dgl., die Beugungsbilder abzuleiten, etwa bis auf Hundertel genau, allerdings durch recht langwierige Additionen. Es sind aber hier als geometrisch-optische Bilder einerseits unendlich schmale Geraden, beiderseits unendlich lang (GG), andrerseits unendlich kleine Punkte (P) voransgesetzt. Die Intensitätswerthe sind hier *relative* nnd beziehen sich auf die Maximalintensität des *Beugungsbildes* in der Mitte als Einheit. Die Werthe $GG\mathfrak{M}$ habe ich mit Hülfe der Berechnungen des Herrn Dr. Straubel in Jena über das Heliometerbild gewonnen. Es ist nämlich bei mir $\frac{1}{2\,\delta^2} \cdot \mathfrak{H}_1(2\,\delta) = \frac{2}{\pi\,\delta} \cdot \psi(2\,\delta, 90^0)$ bei Stranbel (vgl. S. 96 meines Werkes).

Ueber das Aussehen der Kurven ist zu sagen einmal, dass selbstleuchtende Geraden und Punkte anfangs fast den gleichen Abfall haben, zum anderen dass 2 beleuchtete Geraden in geeignetem Abstand als 3 oder mehr erscheinen können (ähnliches gilt bekanntlich für die Theorie des Mikroskops).

Wichtiger ist die Trennung selbstleuchtender Geraden, weil sie auf die Theorie des *Spektroskops* direkt Bezug hat. Zwei gleich helle Spektrallinien beginnen getrennt zu erscheinen, wenn ihr Abstand $Z = 2{,}85$ ist (Tabelle $GG\,\mathfrak{M}$); dies entspricht bei einem Spektroskop von 5 *cm* Oeffnung des gesammten Beobachtungsapparates (2 Objektive + Prismensystem) einem *Winkelwerth von* 2″,05 *für die Wellenlänge* $\lambda = 0{,}55\,\mu$ *und unendlich schmalen Spalt.* Die Berechnung der Spektralerscheinungen mittels Zylinderwellen, wodurch sich verschiedene Forscher das Problem zu vereinfachen suchten, kann ich nicht für zulässig halten; der Querschnitt des Lichtbündels ist im Allgemeinen ein Kreis, und aus Kugelwellen mit Rücksicht auf leuchtende Geraden als



Objekt ergeben sich eben ganz andere Resultate als aus Zylinderwellen, welche Objekt und Objektiv vereinigen sollen.

Ueber selbstleuchtende Punkte (Doppelsterne) ist oben bereits das Nöthige gesagt. Hier, bei 2 Geraden und 2 Punkten, tritt der Umstand ein, dass, wenn sie gegenseitig interferenzfähig sind (Tabelle M für GG und P), sie dann schwerer zu trennen sind als selbstleuchtende Geraden und Punkte. Im Uebrigen möchte ich darauf aufmerksam machen, dass es nicht immer auf dasselbe hinauskommt, ob man 2 Bilder *trennen* oder 1 Bild, indem man es in 2 spaltet, *messen* will. In beiden Fällen sind die zu überschiebenden Zahlenwerthe unter Umständen, bei dunklen Bildern auf hellem Grunde, verschieden.

b) Dunkel auf hellem Grunde.

Sehr schmale dunkle Geraden oder sehr kleine dunkle Punkte auf hellem Grunde erscheinen im Lichtdurchschnitt als sehr geringe Einsenkungen in das durchschnittliche Lichtniveau des Grundes, dessen Lichtstärke wir als Einheit annehmen. An der *Grenze der Auflösbarkeit für* 0 % *sind die Abstände dieselben wie bei hellen Geraden und Punkten auf dunklem Grunde.* Für eine Empfindlichkeitsgrenze bei steigenden Prozenten ändert sich jedoch der Trennungsabstand; zugleich sind dann die Geraden und die Punkte nicht mehr als unendlich klein in ihrer Breite anzusehen, die Rechnungen

werden komplizirter nnd für jeden Fall andere, ich habe sie deshalb nicht durchgeführt.

Es tritt hier die Frage anf: wie breit müssen z. B. schwarze Fraunhofer'sche Linien sein, um überhaupt noch gesehen werden zn können? Tabelle $HE\mathfrak{M}$ unten giebt uns hierüber Anfschluss. Die Breite *schwarzer* Fraunhofer'scher Linien im Sonnenspektrum, welche gerade an der Grenze der Sichtbarkeit stehen, beträgt für 5 % Empfindlichkeitsmaass $Z = 0{,}2$ bezw. für 10 % vielmehr $Z = 0{,}35$; *das macht in Winkelmaass bei 5 cm Oeffnung des Gesammtsystems* 0″,14 + *bezw.* 0″,25 *für die Wellenlänge* $\lambda = 0{,}55\,\mu$.

Wenn man das Auflösungsvermögen eines Fernrohrs an Maassstäben prüfen will, so ist es nicht so ohne Weiteres gleichgültig, ob die Striche schwarz auf weissem Grunde oder weiss auf schwarzem Grunde sind; auch die Breite (und streng genommen sogar die Länge) der Striche hat Einfluss hierauf.

Halbebenen.

Z	HE					
	− M	+	− M^2	+	− $\mathfrak{M}$	+
0	50	50	25	25	50	50
	80	20	64	04	75	25
2	101	− 01	102	00	89	11
	109	− 09	118 +	01	94	06
4	106	− 06	112 +	00 +	95	05
	99 +	00 +	99	00	96	04
6	95 +	04 +	91	00	97	03
	96	04	92 +	00	97	03
8	100	00	100	00	97 +	02 +
	103	− 03	105 +	00	98	02
10	102 +	− 02 +	105	00	98	02
0 %	0		190 *n*		0	
5 %	005		165 *n*		020	
10 %	010		150 *n*		035	

Unendlich grosse Kreisscheiben (als welche Sonne nnd Mond, für Rieseninstrumente annähernd auch Jupiter und Saturn gelten können) kann man als Halbebenen betrachten. Die Intensitätswerthe sind hier *absolute*, die volle Lichtstärke im Innern der Lichtscheibe als Einheit zu Grunde gelegt. Die Tabelle $HE\mathfrak{M}$, mit Ausnahme der Messungsfehler, welche ich berechnet habe, findet sich schon bei Struve. Die Z werden vom *geometrischen* Bildrand nach anssen positiv, nach innen negativ gerechnet.

Ueber das Aussehen der Beugungsbilder ist wenig zn sagen: bei beleuchteten Halbebenen (Tabelle und Knrven $HE\,M^2$) ist noch innerhalb des geometrischen Randes ein heller nnd dunkler Saum zu erkennen.

Der Messungsfehler für *selbstleuchtende* Halbebenen oder beim *Heliometer* für *beleuchtete* ist *an der Grenze* 0 % *verschwindend* (ein wichtiges Resultat für Sonnendurchmessermessungen); nur das Kalkspathmikrometer ergiebt für beleuchtete Halbebenen wiederum einen grossen Fehler: es misst viel zn klein, wie an dem Zeichen *n* zu sehen ist.

Schätzungen, Fadenmikrometer.

Bei blossen *Schätzungen* der Grösse, wenn z. B. ein Planet oder Trabant in der Nähe eines Doppelsterns von bekannter Distanz steht, kommen für beleuchtete Scheiben die Werthe M^2, für selbstleuchtende die Werthe $\mathfrak{M}$ in Betracht. Da es sich aber

dann um die Grenze der Sichtbarkeit des Beugungsbildes handelt, so haben *physiologische Bedingungen* Einfluss, welche sich schwer in Rechnung ziehen lassen.

Sowie man dagegen das Beugungsbild mit dem *Fadenmikrometer messen* will, wird die Sachlage sofort eine völlig andere, was bis jetzt noch viel zu wenig beachtet worden zu sein scheint. Es tritt dann zu dem durch das Objektiv erzeugten und weiter unverändert übermittelten Beugungsbild des Planeten (s. S. 110 meines Werkes) das durch das System (Okular + Auge) erzeugte Beugungsbild des Mikrometerfadens, welches ein positives bei beleuchtetem Faden oder ein negatives bei unbeleuchtetem sein kann (auch objektive Lichtbeugung *am* Faden findet hierbei unter Umständen statt). Da nun das Beugungsbild des Planeten und dasjenige des Fadens ganz heterogener Natur sind, so ist nicht daran zu denken, diese Verhältnisse in strenge Rechnung zu ziehen.

Weder bei Schätzungen noch beim Fadenmikrometer lässt sich über den systematischen optischen Messungsfehler etwas Zuverlässiges ermitteln.

Wahl des Mikrometers.

Wenn wir uns nach diesen Betrachtungen fragen, welches Mikrometer in jedem Falle am sichersten messe, so werden wir zu folgendem Schluss kommen:

für weit von einander entfernte Sterne speziell das Objektivheliometer;

für Doppelsterne, Schätzungen Fadenmikrometer oder ein Doppelbildmikrometer mit Figurenkombination;

für selbstleuchtende Scheiben Heliometer oder Kalkspathmikrometer;

für beleuchtete Scheiben das Heliometer.

Für astronomische Objekte, deren Bilder von den berechneten Idealen nicht zu sehr abweichen, lässt sich dann aus den gegebenen Zahlen annähernd der systematisch-optische Messungsfehler oder doch wenigstens die Grenzen, zwischen denen er sich bewegt, finden. Man gewinnt hieraus eine Vorstellung über die Genauigkeit der Messung, während der Fehler selbst sich wohl in den meisten Fällen der allzu grossen Komplikation des Problems wegen nicht streng bestimmen und aus den oben angegebenen Gründen auch aus einem System von Messungen unter verschiedenen Bedingungen schwerlich ableiten lässt. Ganz besonders gilt letzteres für Planeten mit Phase, wo sich der Fehler mit der Phase in unbekannter Weise ändert. Für eine Phase, welche dem ersten oder letzten Mondviertel gleicht, ist allerdings die Lichtvertheilung im Beugungsbild längs der geometrisch-optischen Beleuchtungsgrenze dieselbe wie für die vollbeleuchtete Scheibe; allein es ist unbekannt, ob gerade diese Linie für die scheinbare Berührung der Beugungsbilder eine Rolle spielt. Die Berechnung auch solcher Fälle würde aber endlose Zeit und Mühe erfordern.

Schlussbemerkungen.

Vom optisch-theoretischen Standpunkt aus glaube ich meiner Ueberzeugung nach das Nöthigste gethan zu haben; ich wäre sehr erfreut, wenn von berufener Seite vom astronomisch-praktischen Standpunkt aus das Weitere hinzugefügt würde. Denn Theorie und Praxis müssen Hand in Hand gehen.

In verschiedenen Studien habe ich die Wichtigkeit der Beugungstheorie für die *Konstruktion der Instrumente*, für die *Beobachtung* sowohl als auch die *Messung* der astronomischen Objekte dargelegt. Die Ausdehnung der Theorie einerseits auf *grössere* Instrumentalaberrationen (wofür die Formeln bereits vorhanden sind), andererseits auf *objektive* astronomische Beugungserscheinungen (Verfinsterung der Jupitertrabanten u. a. m.) muss ich jedoch auf spätere Zeiten verschieben.

Ein Apparat für erschütterungsfreie Aufstellung.

Von
Prof. Dr. **W. H. Julius** in Amsterdam.

In *Wied. Ann.* ***56.*** *S. 151. 1895* habe ich eine Methode zur erschütterungsfreien Aufstellung beschrieben, deren Hauptzüge sich kurz folgendermaassen zum Ausdruck bringen lassen.

1. Man befestigt den zu schützenden Apparat auf einem geeigneten Stativ, das an drei langen Drähten aufgehängt ist. Nennen wir die Punkte, wo die Drähte von einem Balken oder einer Wandkonsole herabhängen, A, B und C und die Unterstützungspunkte des Stativs, das heisst diejenigen Punkte desselben, welche an den Drähten befestigt sind, A', B' und C'. Durch das Anhängen hat man erreicht, wie *a. a. O.* gezeigt wurde, dass die Kräfte, welche in Folge der Erschütterungen der Punkte A, B, C auf das Instrument einwirken, viel kleiner sind, als wenn letzteres unmittelbar mit A, B, C verbunden wäre.

2. Den Massenmittelpunkt des ganzen hängenden Systems (Instrument und Stativ zusammengenommen) bringt man in den Mittelpunkt des gleichseitigen Unterstützungsdreiecks $A'B'C'$. Man erzielt dadurch den grossen Vortheil, dass die von A, B, C ausgehenden und nach Fortleitung längs der Drähte in A', B', C' angreifenden Impulse möglichst wenig zu Drehungen des Systems um seinen Schwerpunkt Anlass geben.

Solche Drehungen würden jedoch nur dann ganz ausbleiben, wenn die drei Aufhängedrähte vollkommen identisch und gleich gespannt wären, wenn die Punkte A, B, C während der Erschütterungen nur gleichzeitige Parallelverschiebungen erlitten, und wenn man die Strömungen und den Widerstand der Luft vernachlässigen könnte. Dann wären die Bewegungen aller Punkte des Körpers denjenigen des Schwerpunktes gleich.

Nun ist es zwar möglich, diesen Bedingungen annäherungsweise zu genügen, indem man die ganze Vorrichtung, soweit es angeht, symmetrisch macht und die Anfhängepunkte zweckmässig wählt, aber strenge wird dies nicht gelingen, und die Folge ist, dass die verschiedenen Punkte des hängenden Systems, ausser den allen gemeinsamen Verschiebungen des Schwerpunktes, im Allgemeinen noch um so grössere Verrückungen erfahren, je weiter sie vom Schwerpunkte entfernt sind.

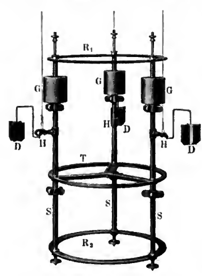
Giebt es demnach im Instrument einen besonderen Punkt P, den man vor allen anderen gegen den Einfluss der Erschütterungen schützen will, wie der Punkt, wo in einem Galvanometer der Quarz- oder Kokonfaden des Magnetsystems befestigt ist, so thut man am besten, wenn man diesen Punkt möglichst nahe an den Schwerpunkt bringt.

Bei dem ziemlich rohen Apparate, den ich zu vorläufigen Beobachtungen über die Aufhängemethode damals konstruirt hatte (*a. a. O. S. 158*), konnte ich den Punkt P an jede Stelle der Achse bringen. Dieses auch bei einem zum allgemeinen Gebrauch bestimmten Stativ zu verwirklichen, sodass man von jedem darauf zu stellenden Instrumente den Punkt P bequem nahe an den Schwerpunkt einstellen könnte, schien mir anfangs weniger nothwendig und auch nicht ganz einfach. Ich begnügte mich also bei dem früher vorgeschlagenen Apparate mit einer Vorrichtung, mittels welcher man nur dem Schwerpunkte die richtige Lage geben konnte.

Es hat sich aber gezeigt, dass das Ziel wesentlich besser und leichter erreicht wird, wenn man ausser dem Schwerpunkt auch den Punkt P in die Nähe des Mittel-

punktes des Dreiecks $A' B' C'$ legt[1]), und ich habe deshalb bei der Firma P. J. Kipp & Zonen (J. W. Giltay) in Delft die nachstehend beschriebene Vorrichtung konstruiren lassen, welche gestattet, diese beiden Einstellungen vorzunehmen und doch möglichst einfach gehalten ist.

Drei Stäbe S sind mit zwei Ringen R_1 und R_2 zu einem Gestell verschraubt. An den Stäben befinden sich die starken Haken H zum Aufhängen des Apparates. Die Punkte dieser Haken, wo dieselben in den Oesen der Drähte ruhen, bestimmen das gleichseitige Unterstützungsdreieck $A' B' C'$. Auf jeden Stab ist ein Laufgewicht G aus Blei aufgesteckt; die Stäbe sind oberhalb H mit Theilung versehen und die Gewichte können in jeder Höhe durch Flügelmuttern befestigt werden.



Längs der Stäbe lässt sich ein dritter Ring T verschieben und mittels Flügelmuttern festklemmen; er bildet die Tischplatte des Stativs, auf welche der zu schützende Apparat aufgesetzt wird und mit Hülfe beigegebener Klemmen befestigt werden kann.

Während nun das Stativ auf seinen drei Stellschrauben steht und die Drähte gelöst sind, nivellirt man zunächst das Stativ. Dann stellt man den Ring T in solche Höhe, dass der Punkt P des Instrumentes in die Ebene $A' B' C'$ fällt, nivellirt gleichzeitig das Instrument und klemmt es fest.

Nun soll noch der Schwerpunkt des Ganzen ebenfalls in die Ebene $A' B' C'$ gebracht werden. Dazu legt man die ganze Vorrichtung auf die Seite — eventuell nach Entfernung des empfindlichen Systems aus dem Instrumente — sodass der in der Figur auf der linken Seite sichtbare Doppelhaken H nach oben kommt. Die Flügel D, mittels welcher die Dämpfung der Eigenschwingungen des Apparates erzielt wird, sind während dieser Manipulation noch nicht angeschraubt. An diesem einen Haken wird jetzt der Apparat aufgehängt und man verschiebt die Laufgewichte, bis sich die Stäbe horizontal stellen. Die drei Gewichte sollen dabei stets an gleichbezifferten Theilstrichen stehen.

Wenn das zu schützende Instrument sehr schwer ist und sein Schwerpunkt niedrig liegt, sodass die Laufgewichte zur Herstellung des Gleichgewichtes nicht ausreichen, kann man auf die über dem Ringe R_1 herausragenden Fortsetzungen der Stäbe Hülfsgewichte aufstecken.

Nachdem die Gewichte in der richtigen Lage festgeklemmt sind, stellt man das Stativ wiederum vertikal auf seine Fussschrauben, legt die Oesen der Aufhängedrähte um die Haken und befestigt an letzteren die Dämpfer D, welche nachher in neben dem Apparate aufzustellende Gefässe mit Paraffinöl eintauchen sollen.

Jetzt kann man das empfindliche System wiederum in das Instrument bringen

[1]) Aus einer brieflichen Mittheilung des kürzlich verstorbenen Prof. A. Stoletow entnehme ich, dass auch in dem Laboratorium in Moskau sich diese Anordnung als die günstigste erwiesen hat.

und den Tisch, auf dem das Stativ stand, langsam senken, sodass die Vorrichtung an den Drähten hängt. Wenn dadurch die Nivellirung des Apparates erheblich gestört erscheint, so muss man in den Punkten A, B, C die Drähte entsprechend verlängern oder verkürzen. Um dies leichter ausführbar zu machen, ist für die Drähte ein eiserner Dreifuss mit drei Klemmvorrichtungen beigegeben, welcher mittels eines starken Schraubenbolzens an der Zimmerdecke oder besser *auf* einem freien Balken befestigt wird. Die genaue Abgleichung der Drähte braucht nur ein für alle Mal zu geschehen; kleine Verstellungen, welche erforderlich sind, um das empfindliche System frei zu machen, nimmt man am besten, wie gewöhnlich, mit den Stellschrauben des Instrumentes selbst nach Lösung der Klemmen vor, insofern der Ort des Punktes P und der des Schwerpunktes dadurch nur unwesentlich geändert werden.

Einige dieser Stative sind schon im Gebrauch und bewähren sich gut. Dieselben werden in der aus der Figur ersichtlichen Ausführung (in welcher jedoch der Dreifuss und die drei Klemmen zum Befestigen des Instruments fehlen) von Herrn J. W. Giltay in Delft geliefert.

Ein neuer Polarisationsapparat von H. Heele.

Von
Dr. E. Gumlich in Charlottenburg.

Der in umstehender Fig. 1 abgebildete, von dem Mechaniker H. Heele in Berlin konstruirte und auf der Berliner Gewerbeausstellung ausgestellte Polarisationsapparat hat in Fachkreisen grosses Interesse erregt; ein Hinweis darauf dürfte deshalb auch denjenigen Lesern dieses Blattes, welche die Ausstellung nicht besuchen konnten, willkommen sein, um so mehr, als die durchdachte Konstruktion des Instrumentes manche Vorzüge aufweist, welche andere Apparate dieser Art vermissen lassen.

Der Polarisator des Halbschattenapparates besteht, ähnlich wie beim Laurent'schen System, aus einem grösseren (Thompson'schen) Nicol, vor welchem eine parallel zur Achse geschnittene Quarzplatte von passender Dicke angebracht ist; das Nicol kann vermittelst der Schraube d vom Platze des Beobachters aus gedreht und somit der Halbschattenwinkel beliebig verändert werden. Die hauptsächlichste Neuerung beruht nun auf der aus Fig. 2 ersichtlichen konzentrischen Anordnung der beiden Polarisatorfelder: das Nicol ist kreisförmig diaphragmirt, die ebenfalls kreisförmige Quarzplatte von entsprechend kleinerem Durchmesser ist, auf Glas gekittet, so vor das Nicol gesetzt, dass ihr Mittelpunkt genau mit der optischen Achse des Instrumentes zusammenfällt. Es ist klar, dass hierdurch eine besonders gleichmässige Beleuchtung des ganzen Gesichtsfeldes erzielt und somit die Einstellungsgenauigkeit wesentlich vergrössert werden kann, falls die Kante der Quarzplatte so scharf gearbeitet ist, dass sie dem Beobachter nicht als dicke, dunkele Trennungslinie im Gesichtsfeld erscheint. Bei einem kleineren, ebenso eingerichteten Apparate, mit welchem der Verf. einige Probeeinstellungen machen konnte, war die optische Erscheinung bei Beleuchtung mit einer gewöhnlichen Natriumflamme thatsächlich sehr schön und die Empfindlichkeit schien, soweit sich dies ohne Benutzung einer feineren Theilung beurtheilen lässt, recht bedeutend zu sein.

Allerdings ist ja die Anwendbarkeit eines solchen Apparates gegenüber den weit verbreiteten Lippich'schen Halbschattenapparaten mit 2 bezw. 3 polarisirenden Nicols dadurch beschränkt, dass man auf die Beobachtung mit einer einzigen Licht-

art — also etwa Natriumlicht — angewiesen ist, für welche die Dicke der Quarzplatte einmal berechnet ist; denn nur das Licht dieser Wellenlänge ist beim Austritt aus der Platte wieder geradlinig polarisirt, während Licht anderer Wellenlänge, beispielsweise das jetzt auch vielfach verwendete Licht der grünen Quecksilberlinie, im Allgemeinen elliptisch polarisirt wäre, was eine mehr oder weniger starke Aufhellung des Gesichtsfeldes und gleichzeitig eine Verringerung der Empfindlichkeit



Fig. 1.

zur Folge haben würde. Thatsächlich wird jedoch dieser Uebelstand für viele Zwecke weniger ins Gewicht fallen, da die Anwendung des Natriumlichtes mancherlei Vortheile bietet und auch wohl überall da bevorzugt werden wird, wo man nicht mit weissem Lichte und Kompensation arbeiten kann. Auch liesse sich gegebenen Falles ein Ersatz der für Natriumlicht berechneten Platte durch eine für eine andere Lichtart bestimmte leicht ermöglichen; nur die Ermittelung der Rotationsdispersion einer Substanz ist mit diesem Apparate natürlich ausgeschlossen.

Fig. 2.

Die Grobeinstellung des Analysators wird mit der Schraube *a*, die Feinstellung mit der Schraube *b* bewirkt, welche beide so dicht bei einander liegen, dass eine kleine Bewegung der Hand genügt, um von der einen zur anderen überzugehen, ein für die Bequemlichkeit des Arbeitens bedeutender Vortheil. Gerade auch die Verwendung einer Schraube für die Grobeinstellung muss als sehr glücklich bezeichnet werden; kommt man doch bei wissenschaftlichen Untersuchungen, beispielsweise wenn man mit wenig intensiven Lichtquellen und in Folge dessen mit grossem Halbschattenwinkel arbeitet, oder wenn man den Halbschattenwinkel selbst bestimmen will, nicht

selten in die Lage, auf die Feinstellung gänzlich verzichten und nur die Grobeinstellung verwenden zu müssen. Dazu ist aber die bisher übliche Art der Bewegung der Analysatorröhre mit Hülfe von mehreren Hebelarmen sehr wenig geeignet, denn auch bei relativ glatt laufenden Apparaten geschieht diese Bewegung doch leicht ruckweise und gewährt bei der Kürze der Hebelarme nur eine sehr geringe Sicherheit der Einstellung; dieser Uebelstand fällt bei einer kontinuirlichen Schraubenübertragung natürlich fort.

Die Ablesevorrichtung am Theilkreise des Analysators dürfte wohl der am wenigsten gelungene Theil des Apparates sein; denn einmal ist die völlig ungeschützte Theilung äusseren Verletzungen sowie den schädlichen Einwirkungen der Laboratoriumsdämpfe ausgesetzt, sodann entspricht auch die Genauigkeit der Ablesung nicht den Ansprüchen, die man an einen Apparat ersten Ranges stellen muss. Die Theilung liefert nämlich mit Hülfe zweier durch Lupen abzulesender Nonien höchstens 0°,005 = 18"; das ist aber wesentlich mehr, als beispielsweise der wahrscheinliche Fehler einer Einstellung bei einem guten Lippich'schen Halbschattenapparat beträgt. Somit ist man mit Hülfe dieser Theilung überhaupt nicht im Stande, die volle Empfindlichkeit des Apparates zu ermitteln bezw. auszunützen. Indessen würden sich ja allerdings — falls nur die Kreistheilung selbst hinreichend fehlerfrei ist — leicht Ablesevorrichtungen mit Mikrometermikroskopen anbringen lassen, welche eine Ablesung bis auf 1" bis 2" gestatteten. Dagegen ist die Beleuchtung der Theilung wieder recht praktisch eingerichtet, insofern, als man besonderer Beleuchtungslampen überhaupt nicht bedarf, sondern das Licht der hinter dem Polarisator stehenden Lichtquelle zur Beleuchtung mitbenutzt. Zu diesem Zwecke sind bei *e* und *e'* total reflektirende Prismen angebracht, welche das Licht auf zwei vor der Theilung stehende, unter 45° geneigte, matte Glasplatten werfen; von hier aus gelangt dasselbe in hinreichender Intensität diffus auf die Theilung. Diese Einrichtung ist in der That recht vortheilhaft, schon deshalb, weil das jedesmalige Einschalten einer Glühlampe oder das Aufschrauben einer Gasflamme zum Zwecke des Ablesens der Theilung nicht nur Zeit kostet, sondern auch ohne eine gewisse Blendung des an die Dunkelheit gewöhnten Auges schwer auszuführen ist. Andrerseits wird man freilich bei den feinsten Messungen stets auch das seitlich austretende Licht der Beleuchtungslampe durch geschwärzte Kamine u. s. w. abzublenden und das Zimmer auf diese Weise möglichst dunkel zu halten suchen. Sollte daher die Heele'sche Beleuchtungsvorrichtung ihren Zweck vollkommen erfüllen, so müsste sie etwa in der Art umgearbeitet werden, dass man den die Flamme umgebenden undurchsichtigen Zylinder mit zwei seitlichen Oeffnungen versähe und das hier austretende Licht mittels zweier Spiegel oder Reflexionsprismen auf die vorderen Beleuchtungsprismen würfe.

Der verschliessbare Kasten zwischen Polarisator und Analysator ist zur Aufnahme von vier Röhren verschiedener Länge bestimmt, deren Lagerung eine Durchbiegung ausschliesst. Der ganze Kasten läuft auf Rollen und wird mit Hülfe der Schraube *c* leicht in Bewegung gesetzt. Die Schraubentrommel ist mit 4 Theilstrichen versehen, deren Einstellung auf eine Marke genügt, um jede beliebige der vier Röhren genau in die optische Achse des Instruments zu bringen. Der Beobachter hat also auch hierbei nicht nöthig, den Platz zu verlassen, vielmehr genügt eine einfache Bewegung der Hand zum Auswechseln der Röhren.

Da der obere Theil des Instruments aus Messing, der untere aus Gusseisen besteht, so könnten leicht bei Temperaturschwankungen Spannungen in den einzelnen Theilen entstehen, welche störende Durchbiegungen zur Folge haben würden. Dieser

Fehlerquelle ist durch eine sinnreiche Anordnung in der Befestigung Rechnung getragen, welche den beiden Theilen des Apparates eine gewisse Beweglichkeit gegen einander gewährleistet, ohne deshalb die Stabilität des Aufbaues zu beeinträchtigen.

Die Bequemlichkeit der Handhabung wird, wenn auch die optische Einrichtung den Erwartungen entspricht, dem neuen Instrumente gewiss viele Freunde erwerben.

Ueber eine Vergleichung der Widerstandsnormale der „British Association" mit denen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.

Von

Dr. St. Lindeck.

(Mittheilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt, Abth. II.)

Im Sommer 1892 bot sich, anlässlich einer Dienstreise des Verfassers nach Edinburg, durch das Entgegenkommen des Sekretärs des *Electrical Standards Committee* der *British Association*, Herrn R. T. Glazebrook in Cambridge, die Gelegenheit, eine direkte Vergleichung von Drahtwiderständen der *British Association* mit Drahtnormalen der Reichsanstalt, welch' letztere mit den hiesigen Quecksilbernormalen genau verglichen waren, im *Cavendish Laboratory* in Cambridge vorzunehmen.

Eine solche Vergleichung hat zunächst ein historisches Interesse; sie ermöglicht nämlich, die Resultate zahlreicher Arbeiten, bei denen als Widerstandsnormale die in Cambridge aufbewahrten Einheiten der *B. A.* direkt oder indirekt gedient haben, auf die jetzt gebräuchlichen elektrischen Einheiten umzurechnen. Aus diesem Grunde haben auch die meisten Physiker, die sich mit der Herstellung von Quecksilberwiderständen befassten, eine Vergleichung ihrer Normale mit denen der *B. A.* veranlasst. Zum Theil wurden hierbei Drahtwiderstände benutzt, deren Veränderlichkeit mit der Zeit genaue Messungen erschwerte.

Dadurch, dass es der Reichsanstalt gelang, aus Manganin Widerstände herzustellen, die, durch mehrstündiges Erhitzen künstlich gealtert, einen hohen Grad von Unveränderlichkeit besitzen und dabei noch den Vorzug eines verschwindend kleinen Temperaturkoëffizienten und einer sehr geringen thermoelektrischen Kraft gegen Kupfer haben, wurde eine sichere Vergleichung sehr erleichtert.

Doch noch ein anderer Umstand kommt in Betracht, welcher den im Folgenden beschriebenen Messungen auch ein aktuelles Interesse verleiht. Das auf dem Elektrikerkongress in Chicago 1893 als internationale Widerstandseinheit angenommene Ohm ist bekanntlich definirt durch den Widerstand einer Quecksilbersäule von bestimmten Dimensionen. Solche Quecksilberwiderstände, die als gesetzliches Normalmaass dienen sollen, sind in der Reichsanstalt bereits hergestellt worden[1]). In England hat man einen anderen Weg eingeschlagen; man hat nämlich nicht neue Quecksilberwiderstände konstruirt, sondern einen aus Messungen verschiedener Beobachter *berechneten Mittelwerth* für die Beziehung zwischen *B. A.-Einheit* und *Siemens-Einheit* zu Grunde gelegt, um mit Hülfe desselben den jetzt in England gesetzlich als Normal erklärten *Drahtwiderstand* abzugleichen. Durch dieses Vorgehen ist von vornherein eine Differenz zwischen dem deutschen und dem englischen internationalen Ohm her-

[1]) W. Jaeger, Die Quecksilber-Normale der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt für das Ohm. *Wiss. Abh. d. P. T. R.* **2.** *S. 379. 1895;* Auszug in *dieser Zeitschr.* **16.** *S. 134. 1896.*

vorgerufen worden, welche zur Zeit zwar gering ist (etwa 0,01 %, s. u.), die aber in Zukunft sich verändern kann, falls, wie es beabsichtigt zu sein scheint, die Konstanz des englischen Normalmaasses nur durch Vergleichung von Drahtwiderständen unter einander kontroliirt wird. Hätte man in England ebenfalls Quecksilberwiderstände hergestellt, so würde sich die Uebereinstimmung zwischen den deutschen und englischen Normalen wohl weiter haben bringen lassen, als bis auf 0,01 %.

Die Messungen, über die hier berichtet werden soll, fanden am 26. und 27. Juli 1892 in Cambridge statt. Eine Bearbeitung der Resultate war erst jetzt möglich, nachdem die Quecksilbernormale der Reichsanstalt fertiggestellt sind.

Verglichene Widerstände. Zur Vergleichung der beiden Einheiten standen neun Drahtwiderstände zur Verfügung, nämlich:

1. sechs Widerstände der *British Association*, bezeichnet mit *„Flat"*, *F*, *H*, *K*, *Legal Ohm Nr. 139*, *Legal Ohm Nr. 140*, von denen die ersten vier nach *B.A.*-Einheiten abgeglichen sind. *Flat* und *F* gehören zu den ursprünglichen, in den sechziger Jahren hergestellten Normalen[1]). Das Material ist bei allen sechs Widerständen Platinsilber;

2. drei der Reichsanstalt gehörige und nach ihren Angaben[2]) von dem Mechaniker O. Wolff in Berlin gefertigte Manganinwiderstände, bezeichnet mit O. W. Nr. 150 (der Abth. I gehörig), O. W. Nr. 139 und O. W. Nr. 147.

Werthe der verglichenen Widerstände. Herr Glazebrook machte über die damaligen Werthe der unter 1. aufgeführten Widerstände bei 16° C. (in *B. A.*-Einheiten) und ihre Temperaturkoëffizienten folgende Angaben.

Bezeichnung	Widerstand in *B. A.-E.* bei 16° C.	Temperatur-koëffizient
Flat	1,00033	0,00028
F	1,00050	28
H	0,99941	28
K	1,00048	25
Leg. Ohm 139	1,01110	27
Leg. Ohm 140	1,01062	27

Für die unter 2. aufgeführten Widerstände der Reichsanstalt gelten nachstehende Werthe.

Der Widerstand O. W. Nr. 150 hatte am 8. IX. 1892 nach Messungen von Dr. Jaeger[3]) zwischen zwei Schräubchen auf den Zuleitungsbügeln 1,000518 *legale Ohm*; für die Vergleichungen in Cambridge ist, da der Widerstand dabei von den *Enden* der Bügel an rechnete, eine kleine positive Korrektion anzubringen, die zu 48 Mikrohm ermittelt wurde, also für unseren Zweck

O. W. Nr. 150 bei 18° C. = 1,000566 *legale Ohm*.

Der Temperaturkoëffizient $a_{18°}$ in der Nähe von 18° C. ist $+5 \times 10^{-6}$. Der Widerstand des zweiten oben angeführten Normals beträgt (vgl. *a. a. O. S. 451*)

O. W. Nr. 139 bei 18° C. = 1,000563; $a_{18°} = +31{,}5 \times 10^{-6}$.

Die Differenz O. W. Nr. 139 — O. W. Nr. 147 bei 18° C. wurde am 4. VI. 1892 zu 23×10^{-6} *Ohm* ermittelt. Aus Messungen, die in Cambridge selbst angestellt wurden, ergab sich, unter Zugrundelegung der eben mitgetheilten Werthe von Nr. 150

[1]) Betreffs der Konstruktion dieser Widerstände vgl. J. A. Fleming, *Phil. Mag.* **27.** *S. 24. 1896.*

[2]) Vgl. K. Feussner u. St. Lindeck, Die elektrischen Normal-Drahtwiderstände der P.T.R. *Wiss. Abh. der P.T.R.* **2.** *S. 516. 1895*; Auszug in *dieser Zeitschr.* **15.** *S. 394. 1895.*

[3]) Jaeger, *a. a. O. S. 450.*

und Nr. 139, der Werth von O. W. Nr. 147 bei 18° C. im Mittel zu 1,000538 *leg. Ohm*, also in guter Uebereinstimmung mit der Anfangs Juni in Charlottenburg ausgeführten Vergleichung von Nr. 147 und Nr. 139; a_{18° von Nr. 147 ist $+25 \times 10^{-6}$.

Da Manganinwiderstände sich erfahrungsgemäss mehrere Jahre hindurch sehr konstant halten, und da überdies die bei den Vergleichungen benutzten Büchsen der Reichsanstalt unter fortlaufender Kontrole standen und auch in Cambridge mit einander verglichen wurden, so sind die mitgetheilten Widerstandswerthe, bezogen auf die Quecksilbereinheit der Reichsanstalt, bis auf 0,001 % als sicher anzusehen.

Messmethode. Die Messungen in Cambridge erfolgten in der Wheatstone'schen Brücke unter Benutzung einer aus Manganin gefertigten Verzweigungsbüchse[1]) von 100 *Ohm*; diese befand sich mit dem zu messenden Widerstand der Reichsanstalt in einem Petroleumbad derart, dass beide Büchsen mit dem einen Bügel in denselben Quecksilbernapf tauchten, während die beiden freien Bügel in je einem Napf endigten. Zwischen den beiden letzteren war als vierter Zweig der Brücke der zu vergleichende englische Widerstand eingeschaltet; merkliche Verbindungwiderstände waren somit nicht vorhanden.

Der *B. A.*-Widerstand befand sich in einem seitlich erhöht aufgestellten Wasserbad. Die Konstruktion dieser Widerstände erlaubt nicht, sie vollständig in Petroleum einzutauchen, da sonst das Paraffin, in welches der Widerstandsdraht eingebettet ist, aufgelöst werden würde; natürlich darf das Metallgehäuse des Widerstandes auch nur so weit in Wasser gestellt werden, dass kein Nebenschluss zwischen den Bügeln entstehen kann.

Die Galvanometer-Ausschläge mussten objektiv durch Beobachtung eines Lichtzeigers an einer 1200 *mm* entfernten Skale abgelesen werden. Da die *B. A.*-Einheit um etwa 1 % kleiner ist als das legale Ohm, so wurde zu dem Normal der Reichsanstalt bei Vergleichungen mit den nach *B. A.*-Einheiten abgeglichenen englischen Widerständen stets eine Manganinbüchse von 100 *Ohm* Sollwerth, Nr. 49 (100,05 *Ohm* bei 18° C.), mittels kurzer, starker Kupferbügel parallel geschaltet.

Im Uebrigen erfolgten die Messungen mit der Verzweigungsbüchse ganz nach dem früher mitgetheilten Schema (*a. a. O. S. 530 bezw. S. 430*). Als Stromquelle diente ein Akkumulator; die Stromstärke in den zu vergleichenden Widerständen betrug bei den Messungen etwa 0,1 *A*, nur bei den Vergleichungen der beiden letzten oben angeführten englischen Widerstände war sie etwa 0,2 *A*. Fehler durch Stromwärme waren bei der geringeren Stromstärke nicht zu bemerken; indess ist die Genauigkeit der Messungen an den englischen Widerständen bei dem verhältnissmässig hohen Temperaturkoëffizienten von Platinsilber durch die Unsicherheit begrenzt, mit der sich die Temperatur des Drahtes bestimmen lässt, wenn auch der Beobachtungsraum, ein im Keller des *Cavendish Laboratory* gelegenes Zimmer, recht konstante Temperaturverhältnisse aufzuweisen hatte. Die Korrektionen der benutzten Thermometer waren in der Reichsanstalt bestimmt worden.

Resultate. In der folgenden Tabelle sind die Resultate aller Vergleichungen zusammengestellt.

In der zweiten Spalte ist unter *P. T. R.* der Widerstand der Reichsanstalt (bei allen Messungen mit Ausnahme der beiden ersten, wie bereits erwähnt, in Parallelschaltung mit Büchse 49 von 100 *Ohm*), unter *B. A.* der verglichene englische Widerstand aufgeführt; daneben sind ihre jeweiligen Temperaturen vermerkt. Die vierte

[1]) K. Feussner u. St. Lindeck, *a. a. O. S. 521; diese Zeitschr.* **15.** *S. 425. 1895.*

Datum	Gemessenes Widerstands-verhältniss *W*		Temperatur in Grad Celsius		Beobachteter Werth von *W*	1 *legales Ohm* gleich
	P. T. R.	*B. A.*	*P. T. R.*	*B. A.*		
26. VII. 92	O. W. 139 :	*140*	17,42	16,28	1,00041	[1,01056] *B. A.-E.*
„	O. W. 139 :	*139*	17,48	16,33	0,99990	[1,01054] „
27. VII. 92	139 ‖ 49 :	*H*	16,45	16,37	1,00163	1,01063 „
„	150 ‖ 49 :	*H*	16,64	16,46	1,00168	1,01067[1] „
„	150 ‖ 49 :	*H*	16,86	16,55	1,00162	1,01063 „
„	147 ‖ 49 :	*H*	16,72	16,46	1,00159	1,01063 „
„	139 ‖ 49 :	*H*	16,77	16,50	1,00159	1,01062 „
„	150 ‖ 49 :	*F*	16,89	16,39	$1,00060_5$	1,01066 „
„	139 ‖ 49 :	*F*	16,96	16,44	1,00054	1,01064 „
„	147 ‖ 49 :	*F*	17,01	16,48	1,00051	1,01061 „
„	147 ‖ 49 :	*Flat*	17,01	16,21	1,00077	1,01065 „
„	139 ‖ 49 :	*Flat*	17,02	16,23	1,00078	1,01065 „
„	150 ‖ 49 :	*Flat*	17,03	16,26	$1,00080_5$	1,01065 „
„	139 ‖ 49 :	*K*	17,07	16,25	1,00059	1,01061 „
„	147 ‖ 49 :	*K*	17,11	16,28	1,00053	1,01057 „
					Mittel:	1,01063 *B. A.-E.*

Spalte enthält den mit der Verzweigungsbüchse festgestellten Werth von *W* und hieraus ist in der letzten Spalte unter Einsetzung der oben mitgetheilten Werthe der Widerstände nach Reduktion auf die Beobachtungstemperaturen das Verhältniss des *legalen Ohm* zur *British Association-Einheit* abgeleitet.

Von den Zahlen der letzten Spalte sind die, welche aus den Messungen an den Büchsen *Legal Ohm Nr. 139* und *Nr. 140* hervorgehen, bei der Mittelbildung nicht berücksichtigt worden, da es nicht ausgeschlossen ist, dass bei diesen beiden Vergleichungen durch Stromwärme geringe Fehler entstanden. Die Genauigkeit der Messungen ist in Anbetracht der Schwierigkeit, die Temperatur des Widerstandsdrahtes der *B. A.*-Normale genau zu bestimmen, eine befriedigende; 0,005 % ist die grösste Abweichung, die (in einem Fall) für den Werth eines und desselben englischen Widerstandes bei Vergleichung mit verschiedenen Normalen der Reichsanstalt beobachtet wurde.

Die Zahlen, die aus den Beobachtungen an den älteren *B. A*-Normalen *Flat, F* und *H* hervorgehen, stimmen gut unter einander überein. Zwei Messungen des neueren Widerstandes *K* geben etwas niedrigere Werthe für das Verhältniss des legalen Ohm zur *B. A.*-Einheit, deren Abweichungen gegen die vorigen durch Beobachtungsfehler nicht wohl erklärt werden können. Noch niedriger sind die nicht berücksichtigten, eingeklammerten Werthe.

Aus allen anderen Messungen ergiebt sich das Resultat

1 *legales Ohm* = 1,01063 *B. A.-Einheit*
oder auch 1 *internationales Ohm* = 1,01349 „ „
und 1 *Siemens-Einheit* = 0,95342 „ „ .

Prof. Dorn macht in seiner kritischen Abhandlung „Ueber den wahrscheinlichen Werth des Ohm nach den bisherigen Bestimmungen“[2]) auf Grund einer einheitlichen Durchrechnung der über den Gegenstand vorliegenden Veröffentlichungen folgende Angaben über die Beziehung der *B. A.-Einheit* zur *Siemens-Einheit*:

[1]) Bei diesem Versuch war in Folge von kleinen magnetischen Störungen die Ablesung am Galvanometer etwas unsicher.

[2]) Vgl. *Wiss. Abh. d. P. T. R.* **2.** *S. 289. 1895.*

$1 \frac{m}{mm^2}$ Hg_{0° von	*B.A.-Einheit*
Strecker 1885	0,95334
Kohlrausch 1886/87	41
Glazebrook und Fitzpatrik 1888	45
Hutchinson und Wilkes 1889	36
Rowland 1887	49
Salvioni 1889/90	53
Mittel:	0,95343

Dieser Mittelwerth ist zufällig fast genau derselbe wie der aus den oben mitgetheilten Beobachtungen abgeleitete.

In denselben Tagen, in denen die im Vorstehenden beschriebenen Messungen stattfanden, bat auch Hr. Glazebrook die Normale der Reichsanstalt unter *Benutzung seiner Messanordnung* mit den Widerständen der *B.A.* verglichen; hierüber finden sich Angaben in dem *Report of the Electrical Standards Committee, Edinburgh 1892, S. 24.* Hr. Glazebrook misst den Widerstand

O. W. 150 bei 16,7° C. zu 1,01118 *B.A.-E.*
O. W. 139 „ „ „ „ 1,01112 „ „
O. W. 147 „ „ „ „ 1,01113 „ „

im Mittel aus je 5 Messungen. Aus dieser (vorläufigen) Mittheilung ist nicht zu ersehen, mit welchen *B.A.*-Normalen die Widerstände der Reichsanstalt dabei verglichen wurden. Berechnet man mit Hülfe der oben angeführten Werthe der letzteren und ihrer Temperaturkoëffizienten die Widerstände bei 16,7° in legalen Ohm, so ergiebt sich aus den drei Messungsreihen des Hrn. Glazebrook die Beziehung

1 *legales Ohm* = 1,01061 *B.A.-Einheit*
1 „ „ = 1,01059 „ „
1 „ „ = 1,01062 „ „
Mittel 1 *legales Ohm* = 1,01061 *B.A.-Einheit.*

Diese Zahl weicht von der durch meine Messungen ermittelten nur um 0,00002 *B.A.-Einheit* ab.

Ferner bestimmte Hr. Glazebrook nochmals den Werth eines von Elliott in London für die Reichsanstalt hergestellten Widerstandes aus Platinsilber von 1 *leg. Ohm* Sollwerth (Nr. 250), der schon im Jahre vorher (März 1891) in Cambridge an die Normale der *B.A.* angeschlossen worden war. Aus den Angaben des dem Widerstand ursprünglich beigegebenen Prüfungsscheines und der Messung im Juli 1892 würde folgen, dass der Widerstand innerhalb 16 Monaten um 0,02% gewachsen ist.

Da der Werth des Widerstandes Elliott Nr. 250 in der Reichsanstalt im Juli 1892 bei 18° C. zu 1,00073 *leg. Ohm* ($\alpha = 0,00026$) ermittelt wurde, während Hr. Glazebrook zu der gleichen Zeit für denselben bei 17° C. 1,01107 *B.A.*-Einheiten fand, so ergiebt sich daraus nach Reduktion auf die gleiche Temperatur

1 *leg. Ohm* = 1,01059 *B. A.-Einheit,*

in guter Uebereinstimmung mit den übrigen Werthen des Hrn. Glazebrook.

Bei Herstellung des gesetzlichen Normals für das Ohm in England, das, wie schon oben erwähnt, ein Drahtwiderstand ist, wurde die Beziehung benutzt

$$106,3 \frac{cm}{mm^2} Hg_{0^\circ} = 1,01358 \textit{ B.A.-Einheiten},$$

also

$$106,0 \frac{cm}{mm^2} Hg_{0^\circ} = 1,01072 \quad „ \quad „ \,.$$

Der letztere Werth weicht von dem durch die beschriebenen Versuche ermittelten um 0,01% in dem Sinn ab, dass um diesen Betrag etwa das *englische Ohm grösser ist als das deutsche Ohm.*

Diese Differenz ist für technische Zwecke gleichgültig, für Präzisionsmessungen kann sie jedoch in Betracht kommen. Eine möglichst genaue Uebereinstimmung der elektrischen Grundmaasse in den verschiedenen Ländern ist eben nur dann zu erreichen, wenn die Beschlüsse des internationalen Elektriker-Kongresses zu Chicago auch überall wirklich ausgeführt, zunächst also *Quecksilber-Normalwiderstände* mit der grössten Genauigkeit unter Verwerthung der zahlreichen auf diesem Gebiete vorliegenden Erfahrungen konstruirt werden.

Referate.

Ueber ein Mittel, die kleinsten Aenderungen im Gang astronomischer Uhren zu erkennen.

Von G. Bigourdan. *Compt. rend.* **122.** *S. 513. 1896.*

Auch die besten astronomischen Uhren zeigen, selbst wenn sie auf konstanter Temperatur gehalten werden und in einem hinlänglich evakuirten Raum stehen, keinen so gleichförmigen Gang, dass nicht noch eine Verbesserung desselben zur Erzielung genauerer astronomischer Resultate wünschenswerth wäre. Den Grund sucht Verf. mit Recht in dem Räderwerk, welches bei aller Präzision, mit der es gearbeitet ist, doch im Verlaufe mehrerer Stunden den Gang des Pendels nicht immer in ganz gleichem Maasse beeinflusst. Verf. schlägt daher vor, die astronomischen Uhren durch ein in konstanter Temperatur und in nahezu evakuirtem Gehäuse frei schwingendes Pendel zu kontroliren. Ein Pendel, welches nahezu Sekunden schwinge, behalte, wenn man ihm zu Anfang eine Amplitude von 60 bis 80 Bogenminuten gegeben habe, in einem Raum von etwa 10 *mm* Barometerstand während 24 Stunden gut beobachtbare Schwingungen bei. Nehme der Barometerstand in den 24 Stunden um 2 bis 3 *mm* zu, so werde durch die Reduktion auf den luftleeren Raum der tägliche Gang immer noch um weniger als 0,01 Sekunde falsch gefunden. Die durch Verminderung der Amplitude erfolgende Aenderung des Ganges lasse sich absolut scharf durch Rechnung berücksichtigen. Einer Temperaturdifferenz von 0°,1 entspreche eine Aenderung des täglichen Ganges eines Sekundenpendels aus Messing um 0,08 Sekunden. Es dürfe also nicht schwer halten, den aus mangelhafter Berücksichtigung einer etwaigen geringen Temperaturänderung hervorgehenden Fehler innerhalb 0,02 Sekunden zu halten; noch mehr lasse er sich herabdrücken, wenn das Pendel statt aus Messing aus Platin oder Glas hergestellt würde, da deren Ausdehnungskoëffizienten nur die Hälfte von dem des Messings sind. Zur Vergleichung der zu den astronomischen Beobachtungen benutzten Uhren mit dem Pendel sei die Methode der Koïnzidenzen anzuwenden, wobei man nach einiger Uebung einen Fehler von höchstens 2 bis 3 tausendstel Sekunden mache.

Es sei so gewiss möglich, die Unregelmässigkeiten im Gang einer astronomischen Uhr zu entdecken und ihrer Grösse nach zu bestimmen mit einer Unsicherheit, die im Laufe eines Tages auf höchstens 0,03 Sekunden ansteigen würde. *Kn.*

Ueber das Pendel im Keller der Pariser Sternwarte.

Von F. Tisserand. *Compt. rend.* **122.** *S. 646. 1896.*

Auf der Pariser Sternwarte befindet sich in einer Tiefe von 27 *m* unter der Erdoberfläche ein vom Mechaniker Winnerl vorfertigtes Pendel, welches auf elektrischem Wege den Gang sämmtlicher Uhren der Sternwarte regulirt. Die Temperatur der Luft schwankt im Laufe des Jahres in dem Aufstellungsraum nur innerhalb 0°,01 bis 0°,02, das Pendel-

gehäuse selbst ist mit möglichster Vorsicht, offenbar aber doch nicht vollständig, hermetisch verschlossen worden.

Denn aus Meridianbeobachtungen einer Anzahl von Sternen von August 1894 bis Januar 1895 hat sich ergeben, dass der Gang des Pendels vom Barometerstand abhängig ist. Um sicher zu sein, dass die Verschiedenheit der gefundenen Gänge nicht von den etwaigen Fehlern in den angenommenen Sternpositionen herrühre, war die Vorsicht angewandt worden, dass immer dieselben Sterne beobachtet wurden.

Für den täglichen Gang μ findet Verf. aus den Beobachtungen die Formel

$$\mu = 0^s{,}019 + 0^s{,}0146\ (b - 753),$$

wo b der in *mm* angegebene Barometerstand ist. Bemerkenswerther Weise ist der aus den Beobachtungen abgeleitete Koëffizient 0,0146 derselbe, den man auch theoretisch als durch den Widerstand der Luft bedingt findet.

Als die extremen Werthe, um welche das Pendel die Zeit während der 143 Tage der Beobachtnng falsch angab, fanden sich, wenn man auf die Aenderung des Luftdruckes Rücksicht nahm, $-0^s{,}20$ und $+0^s{,}29$. Hätte man dagegen im Vertrauen auf den hermetischen Verschluss des Gehäuses den Luftdruck als konstant angenommen, so würde man als die grössten Fehler $-1^s{,}28$ und $+1^s{,}07$ gefunden haben.

Ein späterhin im Gehäuse angebrachtes kleines Manometer liess in der That erkennen, dass der Luftdruck im Innern zugleich mit dem äusseren variirt. *Kn.*

Einfache Quecksilberluftpumpe.

Von P. Spies. *Zeitschr. f. d. phys. u. chem. Unterr.* **7.** *S. 363. 1895.*



Fig. 1.

Diese einfache Konstruktion setzt voraus, dass noch eine andere Luftpumpe (Kolben- oder Wasserstrahlpumpe) vorhanden ist, die gestattet, ein geringeres Vakuum, von etwa 1 *cm* Quecksilberdruck, herzustellen. Herr Spies benutzt dazu eine Kolbenluftpumpe, die mit Oelfüllung (Patent Fieuss) versehen ist und deren Ventile selbstthätig arbeiten. Die vorzüglich wirkende und dabei billige Pumpe wird von der *Pulsometer Engineering Company* in London in verschiedenen Ausführungen geliefert. Zum Vorpumpen reicht das kleinste Modell aus, mit dem man in wenigen Minuten einen Raum von 2 Liter bis auf etwa 1 *mm* Quecksilber evakuiren kann. Die Verwendung einer derartigen Vorpumpe ermöglicht es, der Quecksilberluftpumpe die in Fig. 1 dargestellte einfache Form zu geben, die gleichzeitig gestattet, sehr niedrige Luftdrucke nach dem Prinzip des Mc Leod'schen Vakuummeters genau zu messen. Die Kugel A wird durch einen dickwandigen Schlauch, der an den Hahn H angesetzt ist, mit der Kolbenluftpumpe verbunden und entleert. Das Knierohr (Fig. 2, $\alpha_1\, \alpha_2 \beta$) enthält zunächst kein Quecksilber, und daher wird auch B, sowie das damit

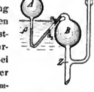


Fig. 2.

verbundene Trockengefäss T, dessen Boden mit Phosphorsäure bedeckt ist, evakuirt. Die Schliffstücke, welche das Trockengefäss mit der Pumpe und mit den zu evakuirenden Räumen, etwa mit der Glühlampe G, verbinden, sind mit Quecksilber bedeckt und mit einer Ablassvorrichtung versehen. Während des Vorpumpens ist aus dem Gefäss Q durch den Schlauch und das Steigrohr Quecksilber bis nahe unter die Stelle Z emporgestiegen. Hebt man Q etwas, so steigt es höher und drängt die in B enthaltene Luft nach A. Da beim Senken von Q in dem Knierohr ein Quecksilberfaden stehen bleibt, kann die Luft nicht zurück und es entsteht in B ein Torricelli'sches Vakuum, mit dem T und G kommuniziren, sobald die Stelle Z wieder frei wird. Sammelt sich bei fortgesetztem Spiel der Pumpe in A beträchtlich Luft an, so wird sie mit der Vorpumpe entfernt. Man gebraucht zur Füllung des Apparates weniger als ein halbes Liter Quecksilber; das Gefäss Q kann daher sehr bequem mit der Hand gehoben und gesenkt werden. Die Quecksilberluftpumpe wird von dem Glasbläser E. Greiner, Berlin, Kielerstr. 23, sowie von Ferdinand Ernecke in Berlin angefertigt und auf einfachem Holzgestell montirt für 100 Mark einschliesslich der Quecksilberfüllung verkauft. Das erwähnte kleine Modell der Kolbenluftpumpe mit Oelfüllung liefert E. Greiner für 125 Mark. *H. H.-M.*

Kontakt-Streckenmesser.

Von Löwe. *Zeitschr. f. Vermess.* **24.** *S. 289. 1895*; vgl. auch Brönnimann, *ebenda S. 563.*

Der Verfasser hat einen Distanzmesser mit konstanter Lattenlänge hergestellt, der darauf beruht, mit dem Theodolit zu ermitteln, wie oft in dem konstanten „distanzmessenden Winkel“ der Gesichtswinkel der Latte (Winkel, unter dem die 3 *m* lange vertikale Latte vom Theodolitstandpunkt aus erscheint) enthalten ist. Der ermittelte Quotient mal einer Konstanten giebt die gesuchte Entfernung; denn der Gesichtswinkel ist, falls es sich nicht um besonders kleine Entfernungen, d. h. verhältnissmässig sehr grosse Gesichtswinkel, handelt, der Entfernung umgekehrt proportional, $= (a/l)\cdot \varrho$, wenn a die Länge der Latte, l die Entfernung bedeutet. Ermittelt man also den angeführten Quotienten q, so hat man $l = c \cdot q$. Dabei ist dieser distanzmessende Winkel so zu bestimmen, dass c einen runden Werth bekommt.

Die Einrichtung zur Ermittelung von q besteht nun aus zwei nebeneinander liegenden Armen, die in Ringen die Kippachse umfassen; der kurze Arm (Hebel), dessen Ring an die Kippachse geklemmt werden kann, wird gehalten durch die Spitze (und den gegendrückenden Federbolzen) einer Mikrometerschraube, die am längeren, zweiten Arm befestigt ist. Durch einen Zapfen am Fernrohrträger und durch Schrauben, die gegen einen festen Würfel mit polirten Kontaktflächen anschlagen, sind die Bewegungen des zweiten Arms so begrenzt, dass die Winkelbewegung vom Anschlag auf der einen Seite des Würfels bis zum Anschlag auf der andern gleich dem 5-fachen Gesichtswinkel der 100 *m* entfernten Latte wird ($c = 20$). Der Gebrauch ergiebt sich hieraus von selbst. Noch einfacher macht sich die Anordnung am Repetitionstheodolit, selbstverständlich, wenn die Latte auf dem Zielpunkt *horizontal* gelegt wird. Was der Verf. vorläufig von Genauigkeitsversuchen mittheilt, ist z. Th. überraschend: die Messungen sind etwas genauer als die gewöhnlichen mit dem Stahlband und nähern sich der Lattenmessung.

In dem angeführten zweiten Artikel weist Brönnimann darauf hin, dass Coradi in Zürich etwa 1877 (also in Kempten) Instrumente mit dieser Vorrichtung angefertigt habe, in seinem Preisverzeichniss von 1886 sie anführe und dass dies auch in des Verf. *„Katastervermessung“ 1888, S. 197* geschehen sei. Auch dem Ref. hat Herr Coradi schon vor längerer Zeit Photographien u. s. f. seines „Hebeldistanzmessers“ übersandt. (Das in dem Artikel von Brönnimann genannte Instrument von Bezirksgeometer Greder, gewöhnlicher Repetitionstheodolit mit neuer Theilung, auf dessen Horizontalkreis Coradi die Kontaktvorrichtung für die im Vorstehenden angedeutete Messung mit horizontal liegender Latte angebracht hat, befindet sich seit Kurzem in der geodätischen Sammlung der Technischen Hochschule Stuttgart.) Eine Coradi'sche Neuerung (besonderer Schraubenkopf, der Aenderung des „Distanzwinkels“ gestattet) hält Brönnimann für eine wesentliche Verbesserung; möchte er bald Erfahrungen bei Zugmessungen im Gebirge mittheilen. *Hammer.*

Tachymetrisches Schiebediagramm.

Von M. Iltsch. *Zeitschr. f. Vermess.* ***24.*** *S. 75. 1895.*

Eine neue Form des Tachymeterschiebers.

Von Puller. *Ebenda* ***25.*** *S. 20. 1896.*

Abermals neue Mittel zur Ausrechnung der in der Tachymetrie für jeden aufgenommenen Punkt zu ermittelnden Beträge $k\,l\cos^2\alpha$ und $\frac{1}{2}\,k\,l\sin 2\alpha$ (k meist $= 100 =$ Konstante des Distanzmessers, l und α der von Punkt zu Punkt veränderliche Lattenabschnitt und der Höhenwinkel der Mittelvisur).

Die erste Vorrichtung erscheint umständlicher als Vorhandenes. Ein Tachymeterschieber in anderer Form („Tachymeterquadrant", von Dennert & Pape ausgeführt) ist bekannt; die neue Form wäre wohl der feinern Ausführung werth, nur möchte Ref. für diese künftige Ausführung rathen, alle Nonien wegzulassen, wie es auch der Verf. beabsichtigt. *Hammer.*

Notiz über Burch's Methode, Hyperbeln zu zeichnen.

Von F. L. O. Wadsworth. *Phil. Mag.* ***41.*** *S. 372. 1896.*

Der Verf., Prof. der Physik an der Universität Chicago, theilt mit, dass er die von Burch im *Phil. Mag.* ***41.*** *S. 72. 1896* angegebene einfache Methode, Hyperbeln zu beschreiben, seit längerer Zeit auch angewandt habe. Er fügt noch zwei weitere Methoden hinzu, von denen die erste ebenfalls auf der Anwendung zweier ähnlicher Dreiecke beruht, die zweite aber das Sylvester-Kempe'sche *„Quadruplane Linkage"* (vgl. Sylvester, *History of the Plagiograph, Nature* ***12.*** *S. 214;* Kempe, *Lectures on Linkages, S. 25.*) als Hyperbolographen verwendet: um eine Hyperbel mit den Achsen a und b zu zeichnen, hat man den „Modulus" des Parallelogramms an dem Sylvester-Kempe'schen Apparat (d. h. das Produkt der beiden Parallelogrammseiten; das Parallelogramm hat konstanten Winkel und konstante Fläche) $M = \frac{1}{4}(a^2 + b^2)$ und den Winkel $\Theta = \text{arc} \sin \dfrac{2ab}{a^2+b^2}$ zu machen.

Für das Ziehen beliebiger Kegelschnitte auf dem Papier dieselbe Sicherheit, Genauigkeit und Schnelligkeit zu erreichen, wie für den Kreis, wird für immer unerreichbar bleiben; selbst die besten Ellipsographen z. B. bleiben naturgemäss weit hinter dem Zirkel zurück. Die zahlreichen neuen Konstruktionen von Ellipsographen und Hyperbolographen haben aber doch neben dem theoretischen auch grosses praktisches Interesse und es ist zu hoffen, dass gerade in *dieser* Richtung noch wesentliche Fortschritte gemacht werden. *Hammer.*

Ueber chromatische Homofokallinsen und über meine chromatische Planparallelplatte.

Von Hugo Schroeder. *Photogr. Mitth.* ***33.*** *S. 5 u. 22. 1896.*

Die genannten Linsenkombinationen dienen dazu, durch Einschaltung in den Strahlenkegel eines grösseren Fernrohrobjektivs noch vorhandene Aberrationsreste chromatischer Natur zu beseitigen, wobei aber die sphärische Korrektion und die Lage der Brennebene für Strahlen mittlerer Brechbarkeit ungeändert bleiben soll. Bei der chromatischen Planparallelplatte des Verf. insbesondere wird dies durch Kombination von Gläsern erreicht, deren mittlere Brechbarkeit bei erheblich verschiedener Dispersion dieselbe ist. Für Strahlen mittlerer Brechbarkeit wirkt dieselbe als Planplatte, während durch geeignete Wahl der Glasarten, des inneren Radius und des Abstandes von der Brennebene des Objektivs die chromatische Korrektion des Objektivs verbessert werden kann. Man kann auf diese Weise gröbere Fehler, wie chromatische Ueber- oder Unterkorrektion, heben, ein optisch achromatisirtes in ein aktinisch achromatisirtes Objektiv verwandeln, ferner nicht nur das primäre, sondern auch das sekundäre Spektrum verändern. Die chromatische Differenz der sphärischen Aberration lässt sich gleichfalls durch dies Mittel beseitigen, wie vom Verf. bei einem 10-Zöller für die Hamburger Sternwarte ausgeführt worden ist. Endlich kann man

noch durch Einschaltung verschiedener solcher Korrektoren experimentell den Einfluss der verschiedenen chromatischen Fehler der Strahlenvereinigung untersuchen. Ein Nachtheil dieser Linsenkombination besteht darin, dass sie mit chromatischer Vergrösserungsdifferenz behaftet ist; die verschiedenfarbigen Bilder sind nicht gleich gross, es bleibt so die gute Farbenkorrektion auf ein wenig ausgedehntes Gesichtsfeld beschränkt. Dieser Fehler nimmt mit grösserem Abstand des Korrektors von der Brennebene des Objektivs ab, dafür wachsen aber auch die Dimensionen des Korrektors. Durch Okulare, die den entgegengesetzten Fehler besitzen, lässt sich eine Kompensation desselben erreichen, doch nach Meinung des Ref. nur so lange, als das Objektiv mit Korrektor diesen Fehler in kleinerem Betrage aufweist. *A. K.*

Ueber die magnetische Drehung der Polarisationsebene des Lichtes in Flüssigkeiten. I. Theil: Schwefelkohlenstoff und Wasser.

Von J. W. Rodger und W. Watson. *Phil. Trans. Royal Soc. of London* ***186 A.*** *S. 621* oder *Zeitschr. f. phys. Chem.* ***19.*** *S. 323. 1896.*

Seit dem Jahre 1884 hat der Engländer Perkin in regelmässigen Zeitintervallen eine grosse Zahl von Arbeiten veröffentlicht, die zum grössten Theil im *Journ. Chem. Soc.* erschienen (Litteratur und Zusammenstellung der Resultate finden sich in Landolt und Börnstein's *Tabellen S. 461*) und deren Zweck war, die magnetische Drehung einer möglichst grossen Zahl von Flüssigkeiten zu bestimmen und Beziehungen zwischen der molekularen Drehung und der chemischen Konstitution festzustellen. Dieselbe Aufgabe stellen sich nun die Verfasser; während aber Perkin stets nur die relativen molekularen Drehungen, bezogen auf die des Wassers als Einheit, bestimmte und fast nur bei gewöhnlicher Zimmertemperatur arbeitete, beabsichtigen die Verfasser, die magnetische Drehung einer grösseren Reihe von Flüssigkeiten in absolutem Maass zu bestimmen und zwar bei verschiedenen Temperaturen zwischen 0° und dem gewöhnlichen Siedepunkt. Die obige Mittheilung enthält ihre Resultate zunächst für Schwefelkohlenstoff und Wasser.

Das magnetische Feld von konstanter Intensität wird durch eine Spirale hervorgerufen, die aus zwei getrennten, aneinander gestellten Stücken besteht und die nach Lord Rayleigh's Methode hergestellt ist. Es wurden drei verschiedene Spiralen angefertigt, und es werde gleich hier erwähnt, dass die Ergebnisse mit jeder einzelnen Spirale übereinstimmen mit denen, die die Verfasser mit zwei Spiralen zusammen erhalten. Innerhalb der Spirale liegt koachsial die mit Glasplatten geschlossene und gegen 62 *cm* lange Glasröhre, in welcher sich die zu untersuchende Flüssigkeit befindet. Die Röhre wird von einem Messingmantel umgeben, durch den Wasser oder Dampf von beliebiger Temperatur geleitet werden kann. Der durch die Spiralen geschickte Strom wird mit Hülfe der Kelvin'schen Waage und eines Kohlenwiderstandes konstant erhalten und beträgt immer 5 *Ampère*, sodass der Apparat bei Schwefelkohlenstoff eine doppelte Drehung von etwa 40° ergiebt. Als endgültiger Strommesser dient ein Poggendorff'sches Silbervoltameter, durch welches der Strom 30 Minuten lang geht.

Die Drehungen werden mittels eines Laurent'schen Halbschattenapparats bestimmt, dessen Theilkreis in $^1/_3$ Grade getheilt ist, und dessen beide Nonien durch Mikroskope auf ganze Minuten abgelesen werden können. An dieser Stelle muss auf eine von den Verfassern leider nicht völlig erklärte Thatsache hingewiesen werden. Als Analysatoren gelangen vier verschiedene Nicols zur Verwendung; drei von diesen geben, wenn alles andere gleich bleibt, nahezu gleiche Drehungswerthe, während der vierte Nicol einen Werth ergiebt, der um 8 auf 10000 grösser ist als der der anderen. Aus diesem Grunde vermindern die Verfasser die mit dem letzten Nicol erhaltenen Werthe um den obigen Betrag. Das Natriumlicht wird auf folgende Weise erzeugt und gereinigt. Der aus einem Zylinder voll komprimirten Gases entweichende Wasserstoff streicht über die Oberfläche einer Kochsalzlösung hin, die sich in einer kleinen Flasche befindet, führt den dadurch hervorgebrachten feinen Flüssigkeitsstaub mit sich und geht in die innere Röhre eines Sauerstoff-Wasserstoffgebläses,

die sich in dem Kork der Flasche befindet. Wird dann die Sauerstoffzufuhr richtig geregelt, so sind die D-Linien sehr glänzend und nur wenig verbreitert. Dieses Licht geht durch 10 *cm* einer 3% Kaliumbichromatlösung und 1,5 *cm* einer 4% Uransulfatlösung hindurch und gelangt so filtrirt in den Polarisator.

Was die Ergebnisse mit Schwefelkohlenstoff betrifft, so gelangen drei auf verschiedene Weise und möglichst sorgfältig gereinigte Proben zur Untersuchung, die identische Resultate liefern. Bezeichnet t die Temperatur, so ist die Verdet'sche Konstante

$$(CS_2) \quad \gamma_t = 0{,}043\,47 - 0{,}000\,0737\,t \quad (1^\circ < t < 42^\circ).$$

Die Aenderung von γ mit t ist also für Schwefelkohlenstoff eine lineare. Der Vergleich zwischen den beobachteten und berechneten Werthen ergiebt, dass die maximale Differenz ± 2 auf 4000 beträgt.

Das Wasser wird kurz vor dem Gebrauch destillirt und in einem Platingefäss gekocht, um die aufgelöste Luft zu entfernen. Für Wasser ändert sich γ nicht linear mit t. Es ist

$$(H_2O) \quad \gamma_t = 0{,}013\,11 - 0{,}0_54\,t - 0{,}0_74\,t^2 \quad (4^\circ < t < 98^\circ).$$

Die Differenz zwischen den beobachteten und berechneten Werthen beträgt in einem Falle -2, in drei Fällen ± 1 auf 1000 und in den übrigen neun Fällen 0.

Der Quotient $\frac{\gamma_{CS_2}}{\gamma_{H_2O}}$ sinkt von 3,316 für 0° bis auf 3,087 für 45° (Siedepunkt von CS_2 bei 46°). Bezeichnet ϱ die Dichte, so ist für

$$H_2O \quad \left(\frac{\gamma}{\varrho}\right)_{0^\circ} = 0{,}01311 \quad \left(\frac{\gamma}{\varrho}\right)_{100^\circ} = 0{,}01322$$

$$CS_2 \quad \left(\frac{\gamma}{\varrho}\right)_{0^\circ} = 0{,}03362 \quad \left(\frac{\gamma}{\varrho}\right)_{40^\circ} = 0{,}03288.$$

Der Quotient γ/ϱ ist für Wasser bis zu 20° praktisch konstant, dann wächst er sehr langsam, wobei die Wachstbumsgeschwindigkeit zwischen 20° und 100° praktisch konstant bleibt. Für Schwefelkohlenstoff verringert sich der entsprechende Quotient bei steigender Temperatur mit konstanter Geschwindigkeit, wobei die Abnahmegeschwindigkeit bei Schwefelkohlenstoff viel grösser ist als die Wachsthumsgeschwindigkeit bei Wasser.

Bei Untersuchungen über den Zusammenhang zwischen magnetischer Drehung und chemischer Natur der Flüssigkeiten benutzt man gewöhnlich

$$\text{die molekulare Drehung } S = \frac{\left(\frac{M\gamma}{\varrho}\right)_{\text{Substanz}}}{\left(\frac{M\gamma}{\varrho}\right)_{H_2O}},$$

wobei M das Molekulargewicht ist. Als spezifische Drehung definirt man

$$\text{die spezifische Drehung } s = \frac{\left(\frac{\gamma}{\varrho}\right)_{\text{Substanz}}}{\left(\frac{\gamma}{\varrho}\right)_{H_2O}}.$$

Es ist klar, dass für Schwefelkohlenstoff S und s sich mit der Temperatur ändern werden:

$$s_{0^\circ} = 2{,}564 \qquad s_{40^\circ} = 2{,}504.$$

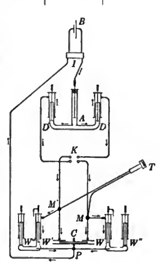
Es ist daher augenscheinlich, dass erst der Einfluss der Temperatur genauer untersucht werden muss, ehe die Beziehung zwischen magnetischer Drehung und chemischer Natur festgestellt werden kann. Die Verfasser haben bereits Beobachtungen mit 8 Flüssigkeiten ausser Wasser und Schwefelkohlenstoff vorgenommen, und in allen Fällen, Wasser ausgenommen, ist die Beziehung zwischen Drehung und Temperatur linear, und der Quotient γ/ϱ vermindert sich mit steigender Temperatur. Sie schliessen daraus, dass es sehr wahrscheinlich sei, dass wie bei so vielen Eigenschaften auch in Bezug auf magnetische Drehung das Verhalten des Wassers ein ausnahmsweises ist, und sich dasselbe daher ganz besonders

schlecht dazu eignet, als Maass für die spezifische und molekulare Drehung anderer Körper zu dienen.

Alle absolute Bestimmungen für Schwefelkohlenstoff und Wasser sind vom Referenten im Folgenden übersichtlich zusammengestellt. Soll die elektromagnetische Drehung der Polarisationsebene in absolutem Maasse gegeben werden, so hat man als Einheit die Grösse derjenigen Drehung $[\omega] = [M^{-1/2} L^{-1/2} T]$ zu wählen, welche geradlinig polarisirtes Licht von einer bestimmten Wellenlänge erfährt, wenn es eine Schicht einer bestimmten Substanz von der Einheit der Länge (1 *cm*) bei bestimmter Temperatur in einem Magnetfeld von der Intensität Eins in der Richtung der Kraftlinien durchsetzt.

Substanz	Wellenlänge des Lichtes	Beobachter	Quelle	ω in Minuten	Temperatur t^0 C.
Schwefelkohlenstoff	Thallium (Tl) $5{,}349 \cdot 10^{-4}$ *mm*	Gordon	*Phil. Trans. London* **167.** *S. 1. 1877.*	0,052384	13
"	Natrium (Na)	H. Becquerel	*Ann. d. chim. et phys.* *[5]* **27.** *S. 312. 1882.*	0,0463 ± 0,0004	0
"	"	Lord Rayleigh	*Proc. Roy. Soc. London* **37.** *S. 146. 1884.*	0,042002	18
"	"	Quincke	*Wied. Ann.* **24.** *S. 606. 1885.*	0,04409	21
"	"	Köpsel	*Wied. Ann.* **26.** *S. 456. 1885.*	0,0419913 ± 0,0000078	18
"	"	H. Becquerel	*Ann. d. chim. et phys.* *[6]* **6.** *S. 145. 1885.*	0,04341 ± 0,00005	0
"	"	Rodger und Watson	*Ztschr. f. phys. Chem.* **19.** *S. 323. 1896.*	$0{,}04347 - 0{,}0000737\, t$	
Wasser	"	Arons	*Wied. Ann.* **24.** *S. 161. 1885.*	0,01295	23
"	"	Quincke	*Wied. Ann.* **24.** *S. 606. 1885.*	0,01394	20
"	"	Rodger und Watson	*Ztschr. f. phys. Chem.* **19.** *S. 323. 1896.*	$0{,}01311 - 0{,}0_6 4\, t - 0{,}0_7 4\, t^2$	

Referent bemerkt noch, dass selbst bei absolut fehlerlosen Beobachtungen und bei Anwendung von spektral vollkommen gereinigtem Natriumlicht der Werth von ω bereits um die Grösse $0{,}0_4 15$ für CS_2 und um die Grösse $0{,}0_5 4$ für H_2O schwanken kann, so lange keine genauere Definition des Natriumlichts gegeben wird. *Schönrock.*



Methode zur Bestimmung grosser elektrolytischer Widerstände.

Von E. Maltby. *Zeitschr. f. phys. Chem.* **18.** *S. 133. 1895.*

Das Prinzip dieser Methode und ein Theil der Apparate ist bereits von Prof. Nernst in *derselben Zeitschrift* **14.** *S. 622. 1894* beschrieben worden. Die Widerstandsbestimmung geschieht durch Substitution in einem Zweig der Wheatstone'schen Brücke, welche aus vier elektrolytischen Widerständen gebildet wird. Die von elektrostatischer Einwirkung herrührende Störung wird durch Kompensation mittels zweier Kondensatoren von variirbarer Kapazität eliminirt. Die Versuchsanordnung ist aus der beigefügten Figur ersichtlich. *DAD'* ist der

Verzweigungswiderstand, W und W' bedeuten die beiden anderen entsprechenden Zweige der Brücke (W und W' sind Röhren von 5 *mm* Durchmesser, W'' und W''' solche von 2 *mm*), C sind die Kondensatoren, T ist das Telephon, I das Induktorium, B die Stromquelle und K ein Kommutator, um AD und AD' bequem gleich machen zu können. Die mit der zu untersuchenden Flüssigkeit gefüllte Zelle wird zwischen M und W (bei Hintereinanderschaltung) oder zwischen M und P (bei Nebeneinanderschaltung) gebracht. Aus der Figur ist auch die Form der verwendeten Gefässe ersichtlich. Die mit Schwefelsäure, Salpetersäure und Chlorkaliumlösung in verschiedenen Konzentrationsgraden vorgenommenen Messungen ergeben Zahlen, welche mit den aus den Kohlrausch'schen Tabellen interpolirten Werthen hinreichend übereinstimmen. Die Leitungsfähigkeit von Chlorkalium in Aether wurde bis zur kritischen Temperatur gemessen, wobei sich ergab, dass der Widerstand mit zunehmender Temperatur stetig steigt. An Stelle des Telephons benutzte die Verf. bei einigen Versuchen auch mit Erfolg das Hankel'sche Elektrometer. *W. J.*

Elektroskop mit drei Goldblättchen.

Von L. Benoist. *Compt. rend.* **123.** *S. 171. 1896.*

Drei Goldblättchen werden in der nämlichen Weise an dem unteren Ende des isolirten Metallstabes befestigt, wie dies bisher bei Verwendung von nur zwei Blättchen üblich war. Beim Laden des Elektroskops bleibt das mittlere Blättchen vertikal hängen, während die zwei anderen sich nach beiden Seiten um gleiche Winkel von dem mittleren entfernen.

Die Empfindlichkeit dieser Anordnung ist grösser wie bei Verwendung zweier Blättchen und zwar etwa im Verhältniss 3:2 für kleine Winkel, während für grössere Winkel dieses Verhältniss ein noch günstigeres ist. Bei dem gewöhnlichen Elektroskop ist zudem der grösste Ausschlag von der Vertikalen an gerechnet 90°, bei dem wie beschrieben abgeänderten dagegen 120°. *Lck.*

Ein Apparat zur Bestimmung der magnetischen Hysteresis in Eisenblechen.

Von Prof. Ewing. *Journ. Inst. of Electr. Eng.* **24.** *S. 398. 1895*[1]).

Der Arbeitsverlust durch magnetische Hysteresis hat für den wirthschaftlichen Betrieb von Wechselstrom-Transformatoren eine sehr grosse Bedeutung. Da bei der heutzutage allgemein üblichen Parallelschaltung mit konstant gehaltener Spannung dieser Verlust bei allen Belastungen der Transformatoren konstant bleibt, so verkleinert er besonders bei kleinen Leistungen derselben den Wirkungsgrad wesentlich. Bei Elektrizitätswerken, welche hauptsächlich Licht liefern, ist die Belastung der Maschinen und Transformatoren während des grössten Theiles des Tages naturgemäss sehr gering und bleibt wesentlich hinter der für die Abendstunden berechneten Normalleistung zurück; während dieser Zeit geht also durch die Hysteresis des Eisens in den Transformatoren ein verhältnissmässig grosser Theil der Arbeit verloren und der mittlere Wirkungsgrad des Tages wird dadurch bedeutend herabgedrückt. Der Besitz eines einfachen Apparates für die Prüfung des Eisens auf Hysteresis ist aus diesem Grunde für die Erbauer von Transformatoren von grosser praktischer Wichtigkeit.

Die für wissenschaftliche Untersuchungen der Hysteresis übliche Methode (Benutzung des ballistischen Galvanometers) giebt zwar sehr genaue Resultate, doch ist ihr Gebrauch wegen der Umständlichkeit des Verfahrens und der Geschicklichkeit und Uebung, welche seine Ausführung verlangt, für praktische Zwecke ausgeschlossen. Zur Gewinnung der Hysteresisarbeit für einen einzigen Grenzwerth der magnetischen Induktion $\pm \mathfrak{B}_{max}$ ist es nöthig, für den ganzen dazwischen liegenden Bereich der magnetisirenden Kräfte $\mathfrak{H}$ die entsprechenden Induktionen $\mathfrak{B}$ zu bestimmen und erst die Planimetrirung der erhaltenen schleifenförmigen Kurve[2]) ergiebt das gewünschte Resultat. Die Untersuchung einer ein-

[1]) Nach einem am 25. April 1895 vor der *Institution of Electrical Engineers* in London gehaltenen Vortrag.

[2]) Vgl. z. B. *diese Zeitschrift* **13.** *S. 26. 1893.*

zigen Probe einer Lieferung von Eisenblech ist aber niemals ausreichend, da selbst kleine Bleche schon in sich grosse Unterschiede in Bezug auf Hysteresis zeigen, und sogar an einer Tafel von etwa 18 *qdm* Grösse Schwankungen der Hysteresisarbeit von 15% nachgewiesen werden konnten. Demgegenüber verspricht der Apparat von Ewing durch einfache Handgriffe die Möglichkeit, zahlreiche Materialproben „ohne viel Aufwand von Zeit, Mühe und Eisen“ zu untersuchen.

Die Arbeitsweise des Ewing'schen Eisenprüfers (vgl. d. Fig.) besteht prinzipiell darin, dass die zu untersuchenden Proben *a* zwischen den beiden Polen eines permanenten Magneten *e* gedreht werden. Der dabei auftretenden Ummagnetisirungsarbeit des Eisens entspricht ein Aufwand mechanischer Arbeit, welcher bei der Drehung zu leisten ist. Wird $\mathfrak{E}$ die pro Zyklus auftretende Hysteresisarbeit, n die Zahl der Zyklen oder Umdrehungen pro Sekunde genannt, so ist die gesammte sekundlich vom Eisen verzehrte Arbeit $n\,\mathfrak{E}$; wird ferner das zur Umdrehung aufzuwendende mechanische Drehmoment mit D und die Winkelgeschwindigkeit mit ω bezeichnet, so ist die äquivalente mechanische Arbeit $D\omega$, und daher

$$D\omega = n\,\mathfrak{E}.$$

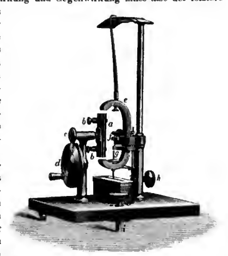
Da aber

$$\omega = 2\pi\, n$$

ist, so wird

$$D = \frac{\mathfrak{E}}{2\pi},$$

d. h. unabhängig von der Geschwindigkeit der Drehung des Apparates ist D der Ummagnetisirungsarbeit pro Zyklus proportional. Nun wird aber die Hysteresisarbeit durch *Wechselwirkung* zwischen der rotirenden Eisenprobe *a* und dem feststehenden Magnet *e* erzeugt; nach dem Gesetz von der Gleichheit der Wirkung und Gegenwirkung muss also der letztere ein gleiches Drehmoment erfahren. Bei dem Ewing'schen Apparate ist *e* wie aus der Figur ersichtlich gestaltet und durch eine Schneide *f* in Achat gelagert. Durch das Drehmoment D wird *e* aus seiner vertikalen Gleichgewichtslage abgelenkt, bis D durch die Schwerkraft äquilibrirt wird. Der Drehungswinkel wird durch einen eben auf *e* aufgesetzten Zeiger auf einer über *e* angebrachten Skale angezeigt und giebt also direkt ein Maass für die Ummagnetisirungsarbeit $\mathfrak{E}$.



Die zu prüfenden Eisenbleche werden in einer Lehre zu Rechtecken von etwa 7,5 *cm* Länge und 1,5 *cm* Breite zurechtgeschnitten, zu etwa 6 bis 7 Stück zusammen in den Halter *a* eingesetzt und mit den Schrauben *b* festgeklemmt. Die Drehung geschieht durch die Reibräder *c* und *d*, von denen das erstere mit *a* auf gleicher Achse sitzt und das letztere die Antriebskurbel trägt. Die Bewegung des permanenten Magneten *e* wird durch ein Oelbad gedämpft, in welches von *e* aus ein flaches Ansatzstäbchen eintaucht. Eine Regulirung der Empfindlichkeit wird ermöglicht durch vertikale Verstellung des Gewichtchens *g*, welches als Mutter auf einer Schraube bewegt werden kann. Durch die Stellschraube *h* wird, wie bei chemischen Waagen, die Arretirung von *e* bewirkt. Zur Justirung auf die Nullstellung dient die Fussschraube *i* und ausserdem eine in der Figur nicht sichtbare Verrichtung, bestehend in einer seitlich an *e* angesetzten Schraube mit verstellbarer Mutter.

Damit der Apparat seine Aufgabe, die Arbeit der Ummagnetisirung *mit gegebenem Grenzwerth* $\pm \mathfrak{B}_{max}$ anzuzeigen, exakt erfüllt, muss noch Folgendes bei der Konstruktion bedacht werden. Da $\mathfrak{B}_{max}$ mit dem Apparat nicht gemessen werden kann, sondern nur $\mathfrak{E}$, so musste dafür Sorge getragen werden, dass ein fest bestimmtes $\mathfrak{B}_{max}$, entsprechend dem für Transformatoren üblichen Werthe werde $\mathfrak{B}_{max} = 4000$ *C. G. S.* gewählt, sich einstellt, welcher Art auch immer das zu untersuchende Eisen war. Bei gleichem Querschnitt und gleicher Länge der Prüfstücke hängt aber $\mathfrak{B}_{max}$ von der Permeabilität des Materiales ab, weil diese für den magnetischen Widerstand bestimmend ist. Dieser Einfluss wurde umgangen, indem der Luftzwischenraum zwischen dem Prüfstücke und e so gross gemacht wurde, dass der magnetische Widerstand des ersteren vernachlässigt werden kann. Dadurch ist zwar die gesammte von e durch das Prüfstück geschickte Kraftlinienzahl N von der Beschaffenheit des letzteren unabhängig gemacht, aber nicht die Kraftliniendichte $\mathfrak{B}$ pro *qcm*, denn diese hängt noch ab vom Querschnitte s nach der Gleichung $N = \mathfrak{B} \cdot s$; der gesammte Querschnitt s aller eingeschalteten Eisenbleche wird sich aber nie genau auf eine gegebene Grösse bringen lassen. Ewing hat gezeigt, dass dieser Uebelstand in Wirklichkeit nicht vorhanden ist, indem er durch Versuche nachgewiesen hat, dass der mit dem Apparat gemessene Effektverlust in weiten Grenzen vom Querschnitt unabhängig ist. Der Beweis ist durch einen Versuch gegeben, bei welchem die Zahl der eingelegten Bleche verändert wurde. Hierbei ergab eine Erhöhung der Blechzahl von 5 auf 11 nur eine Erhöhung der Ablenkung des Apparates von 69 auf 72 Skalentheile. Bei 6, 7 und 8 Blechen waren die Ablenkungen bezw. 69, 69 und 69,5. Diese auffällige Thatsache rührt daher, dass durch Vergrösserung des Querschnittes $\mathfrak{B}$ zwar verkleinert, das Volumen aber gleichzeitig vergrössert wird. Unter Mitwirkung der veränderten magnetischen Streuung gleichen sich diese beiden Einflüsse fast völlig aus.

Die Aichung des Apparates geschah, indem 7 verschiedene Eisenproben, von denen zuerst die Hysteresisarbeit $\mathfrak{E}$ mit dem ballistischen Galvanometer bei $\mathfrak{B}_{max} = 4000$ bestimmt war, in denselben eingespannt wurden. Der gefundenen wahren Hysteresisarbeit zeigten sich die Ausschläge des neuen Apparates fast genau proportional. Da sich andererseits die Angaben mit der Zahl der gleichzeitig eingeschalteten Bleche desselben Materials nicht veränderten, so kann der Apparat direkt auf den Effektverlust pro *ccm* geaicht werden. Die Effektverluste für andere Werthe $\mathfrak{B}_{max}$ ergeben sich dann mit Hülfe der von Steinmetz aufgestellten Gleichung: $\mathfrak{E} = \eta\, \mathfrak{B}_{max}^{1,6}$, wobei η eine Konstante ist, deren Werth sich aus dem im Apparate gemessenen $\mathfrak{E}$ und dem dazu gehörigen $\mathfrak{B}_{max} = 4000$ ergiebt. Zur Erleichterung der Rechnung ist mit Hülfe dieser Formel eine Tabelle berechnet und dem Apparate beigegeben, welche für verschiedene $\mathfrak{B}_{max}$ von 2000 bis 8000 die entsprechenden Werthe von $\mathfrak{E}$ enthält unter der Voraussetzung, dass für $\mathfrak{B}_{max} = 4000$ $\mathfrak{E} = 1$ ist. Durch Multiplikation mit diesen Verhältnisszahlen kann man dann leicht aus dem mit dem Apparate gemessenen Effektverlust für $\mathfrak{B}_{max} = 4000$ den entsprechenden Werth für alle andern $\mathfrak{B}_{max}$ finden. Zur Kontrole eventueller Veränderungen des Apparates durch Abnahme der Magnetisirung des permanenten Magneten e sollen demselben 2 sorgfältig untersuchte Eisenproben beigegeben werden.

Die bei der Diskussion der obigen Ausführungen dem Prof. Ewing gemachten Einwände sind hauptsächlich dreierlei Art. Es wird darauf hingewiesen, dass schon der Luftzug bei der Rotation des Prüfstückes eine Ablenkung von e hervorbringen müsse und dass auch die Wirbelströme nicht ohne Einfluss sein könnten. Dieser Einwand kann indess nicht schwerwiegend sein, da der Versuch in Uebereinstimmung mit der Theorie zeigt, dass die Ablenkung des Apparates von seiner Drehungszahl in weiten Grenzen unabhängig ist. Bedeutungsvoller ist ein zweiter Einwand, wonach die magnetischen Eigenschaften des Eisens sich schon durch die Bearbeitung zu der gewünschten Form verändern und auch nicht durch Ausglühen wiederherzustellen sind, und ferner ein dritter, wonach die Berechnung mit der Steinmetz'schen Formel, welche kein Naturgesetz, sondern nur eine Regel von beschränkter Gültigkeit ist, zu Fehlern bis 12% bei kleineren Induktionen führen kann. Seiner ganzen

Natur nach ist der Ewing'sche Apparat nur ein roher Werkstattsapparat; denn eine so weitgehende Vereinfachung eines komplizirten Messverfahrens lässt sich naturgemäss nur auf Kosten der Genauigkeit erreichen. Für relative Messungen, insbesondere über Homogenität von Materialien in Bezug auf die Hysteresis wird er natürlich werthvolle Dienste leisten. Die elektrotechnischen Fabriken, welche Wechselstrom-Transformatoren benutzen, werden indessen nach wie vor am besten thun, das ihnen gelieferte Eisen in ein von Wechselstrom umflossenes Eisenjoch einzuspannen und die Effektaufnahme des Eisens direkt mit dem Wattmeter zu messen. Diese Methode hat, ohne komplizirter zu sein, den Vortheil, dass das Eisen genau so untersucht wird, wie es später in Verwendung kommt, und giebt ferner ein Urtheil über den zu erwartenden Leeraufstrom des Transformators, welcher für den ökonomischen Betrieb desselben ebenfalls von nicht geringer Wichtigkeit ist. *Rr.*

Neu erschienene Bücher.

Isaac Newton und seine physikalischen Prinzipien. Von F. Rosenberger. gr. 8°. VI, 536 S. mit 25 Abbild. Leipzig, J. A. Barth. 1895. Preis 13,50 M.

Das vorliegende Buch des rühmlichst bekannten Verfassers ist so reichhaltig, dass eine Besprechung keine erschöpfende Vorstellung von dem Inhalt desselben zu geben vermag. Dasselbe ist auch in mehr als einer Richtung eine verdienstliche, dankenswerthe Arbeit von bleibendem Werth. Schon die Zusammenstellung des umfassenden Quellenmaterials, welches nun für jeden, der sich näher unterrichten will, leicht aufzufinden ist, wird dem deutschen Publikum sehr angenehm sein. Die Persönlichkeit und der Charakter Newton's tritt in der Schilderung seiner Lebensschicksale, seiner persönlichen und intellektuellen Beziehung zu Vorgängern, Zeitgenossen, Gegnern, Freunden und Nachfolgern plastisch vor uns. Aus dieser intellektuellen Individualität werden endlich manche Eigenheiten der Newton'schen Schriften recht verständlich, welche ohne diesen Schlüssel fast als Kuriosa erscheinen.

Der Verfasser beginnt seine ausführlichere Analyse der Newton'schen Arbeiten mit dessen ersten optischen Untersuchungen, insbesondere mit der Entdeckung der Dispersion, zu welcher derselbe durch das Bestreben der Verbesserung der Fernröhre, insbesondere durch die Beschäftigung mit dem Spiegelteleskop, hingeleitet war. Newton's Experimentirkunst, seine kritische Denkweise, die ihn von der Beachtung der auffallenden Länge des Spektrums allmählich durch Ausschliessen unzureichender Erklärungen zur Erkenntniss der Zusammensetzung des Lichtes, zu seinem „Experimentum crucis" führt, wird in vorzüglicher Weise geschildert. Die betreffende Abhandlung von 1672, welche schon die Unveränderlichkeit der Farbe und der Brechungsexponenten, die Zusammensetzung des *Weiss* u. s. w. ausspricht, formulirt das Hauptergebniss der Untersuchung dahin, dass das Licht ein *Stoff* sei. In keiner seiner späteren Arbeiten hat Newton seine Forschungswege so offen dargelegt, wie in dieser ersten, und der Verfasser zeigt eben, wie Newton insbesondere durch die Streitigkeiten mit dem ideenreichen und hochbegabten, ihm aber nicht ebenbürtigen Hooke im Gefühle seiner Ueberlegenheit und in seiner Neigung zur Verschlossenheit zu der künstlichen (synthetischen) Darstellung seiner folgenden Arbeiten gedrängt wird. Noch zweimal kommt Newton auf die Optik zurück, 1675 in seiner Untersuchung über die Farben dünner Plättchen und 1704 in der ausführlichen Darstellung der Optik, welche in Definitionen, Propositionen u. s. w. fortschreitend nur dem Kundigen erlaubt, die Wege der Forschung noch zu erkennen. Alles irgendwie Zweifelhafte wird in den angehängten Fragen behandelt, die übrigens für ein Jahrhundert ungehobene Schätze enthielten.

In gleich gründlicher Weise wird der Inhalt der Prinzipien besprochen, und Verfasser hat hier eingehender als andere Schriftsteller die Gedanken der Vorgänger (Copernicus, Kepler, Gilbert, Hooke, Huygens) aufgezeigt, an welche Newton in Bezug auf die



allgemeine Gravitation anknüpfen konnte. Er findet auch Newton's Hauptleistung nicht in diesem allgemeinen Gedanken, sondern in der mathematischen und umfassenden Bearbeitung desselben, welche für seinen Konkurrenten und Gegner Hooke wieder unerreichbar war. An jedes der einzelnen in den Prinzipien behandelten Kapitel weiss Verfasser lehrreiche und aufklärende Betrachtungen anzuknüpfen und beschliesst diesen Abschnitt wie die vorausgehenden mit einer eingehenden Schilderung der Aufnahme der Newton'schen Lehren und der an dieselben sich knüpfenden Streitigkeiten.

Die Prinzipien enthalten nur kurze Ausführungen über die Fluxionenrechnung, von welcher in denselben kein ausgedehnter Gebrauch gemacht wird. Den Streit zwischen Newton und Leibnitz in Bezug auf die Priorität der Erfindung der „Analysis des Unendlichen" behandelt Verfasser in einem besonderen Abschnitt. Auch aus dieser Darstellung, wie aus allen älteren, wird der unbefangene Leser den Eindruck erhalten, dass es sich hier um zwei von einander unabhängige Entdecker handelt. Es kann auch kein Zweifel bestehen, dass der Leibnitz'sche Gedanke gleich von Anfang an ursprünglicher, allgemeiner, formell reicher entwickelt auftritt als der Newton'sche, und dass Leibnitz bei Newton kaum eine Anregung erhalten konnte, welche nicht auch schon bei den Vorgängern Newton's zu finden war. Dagegen kann mit Newton's Leistung als Naturforscher kaum irgend eine andere in Vergleich gestellt werden.

Referent kann nicht sagen, dass er mit den eigenen erkenntnisstheoretischen Ansichten des Verfassers, wo diese zu Tage treten, überall ganz einverstanden wäre. Dennoch hat er die betreffenden Ausführungen mit Interesse und vielfacher Belehrung gelesen und ist überzeugt, dass das Buch vorzüglich wirken wird.

Wien, August 1896. *Prof. E. Mach.*

Jahrbuch des königl. sächsischen meteorologischen Institutes. 1894. XII. Jahrg. 2. Hälfte oder 3. Abth. gr. 4°. Chemnitz, M. Bülz in Komm. 10,00 M.

2. Bericht üb. d. Thätigkeit im königl. sächsischen meteorolog. Institut f. d. J. 1894. Mit 6 Anhäng. u. 4 Taf. XII. Jahrg. 1894. Hrsg. v. Dir. Prof. Dr. Paul Schreiber. 81 S. 1895. XIII. Jahrg. In 3 Abtheilungen. gr. 4°. Chemnitz, M. Bülz in Komm. 20,00 M.

1. Ergebnisse d. meteorologischen Beobachtungen an 12 Stationen II. Ordnung im J. 1895. Zugleich Deutsches meteorolog. Jahrbuch. f. 1895, Beobachtungssystem des Königr. Sachsen. Hrsg. v. Dir. Prof. Dr. Paul Schreiber. 79 S.

Ingenieurs, Des, Taschenbuch. Hrsg. vom akadem. Verein „Hütte". 16. Aufl. 2 Abtheilungen. 8°. VI, 984 und XII, 618 S. m. über 1100 in den Satz eingedruckten Abbildgn. u. 2 Taf. Berlin, W. Ernst & Sohn. Geb. in Leder 16,00 M.

Fortschritte der Physik im J. 1890. Dargestellt v. d. physikal. Gesellschaft zu Berlin. 46. Jahrg. 1. Abth. gr. 8°. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn.

1. Physik der Materie. Red. v. R. Börnstein. LXVII, 523 S. 20,00 M.

Adressbuch der Elektrizitäts-Branche u. der damit verwandten Geschäftszweige v. Europa. 1896/97. 2. Bd. Ausland. gr. 8°. IV, 287 S. Leipzig, Schulze & Co. 8,00 M.

Sammlung elektrotechnischer Vorträge. Hrsg. v. E. Voit. 1. Band. In 12 Heften. 1. Heft. gr. 8°. Stuttgart, F. Enke. Der Band 12,00 M.; Einzelpreis 1,00 M.

1. Der elektrische Lichtbogen. Von E. Voit. 74 S. m. 44 Abbildgn. 1,00 M.

W. Nernst, Die Ziele der physikalischen Chemie. Festrede. gr. 8°. 18 S. Göttingen, Vandenhoeck & Ruprecht. 0,60 M.

E. Dolezal, Die Anwendung der Photographie in der praktischen Messkunst. gr. 8°. Mit 31 Abbildgn. Halle. 1896.

F. Kohlrausch, Leitfaden der praktischen Physik, m. e. Anh.: Das absolute Maass-System. 8. Aufl. gr. 8°. XXIV, 492 S. m. Fig. Leipzig, B. G. Teubner. Geb. in Leinw. 7,00 M.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Redaktionskuratorium:

Geh. Reg.-Rath Prof. Dr. **H. Landolt**, Vorsitzender, Prof. Dr. **A. Westphal**, geschäftsführendes Mitglied, Prof. Dr. **E. Abbe**, Dr. **H. Krüss**.

Redaktion: Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XVI. Jahrgang. **Oktober 1896.** Zehntes Heft.

Der Heyde'sche Theodolit ohne Theilkreis und ohne Nonien.

Von

E. Hammer in Stuttgart.

Herr Mechaniker G. Heyde in Dresden hat vor einiger Zeit zur Ausführung von Horizontalwinkelmessungen von nicht sehr weitgehender Genauigkeit einen Theodolit gebaut, der von den seitherigen Konstruktionen in einigen wesentlichen Punkten verschieden ist. Der Schreiber dieser Zeilen, der auf der diesjährigen geodätischen Exkursion der Technischen Hochschule Stuttgart mit einem der ersten Instrumente dieser Art einige Versuche anstellen liess, nimmt gern Veranlassung, hier einige Worte über dieses Instrument und seine Leistungen zu sagen.

Fig. 1 giebt eine Ansicht des Instruments; das Achsensystem ist eingerichtet wie bei jedem Repetitionstheodolit. Der Horizontalkreis (von etwa 13 *cm* Durchmesser bei meinem Instrument) trägt aber nicht, wie sonst, eine Theilung, sondern ist am Rand mit 360 sehr genau eingeschnittenen Zähnen, die kurz Gradzähne heissen mögen, versehen. Ein an der Alhidade seitlich angebrachtes Kästchen enthält einen Einleger mit Rechen, der in die Gradzähne genau passt. Ein Exzenterhebel vermittelt das Ein- und Ausschalten des Einlegers in die Gradzähne; beim Zurücklegen des Hebels darf kein Zwang auf ihn ausgeübt werden, damit die Zähne im Fall des Aufeinanderstossens nicht verletzt werden. (Vgl. dazu Fig. 2.) Da übrigens die Gradzähne und die Zähne des Rechens nicht mit ihren Spitzen ineinanderliegen, sondern mit den Backen (vgl. Fig. 3), so hat eine geringe Verletzung der Zahnspitzen nicht den geringsten Einfluss auf die Genauigkeit der Messung. Das Material des Kreises (der Gradzähne) und des Rechens ist harte Bronze und das Einlegen der Rechenzähne geschieht durch leichten Federdruck. Wenn nun im Fernrohr ein bestimmter, anzuzielender Punkt erscheint, und der Rechen eingelegt wird, so ist der



Fig. 1.

Theodolit in einer bestimmten „Gradstellung“ fixirt. Die scharfe Richtung der Fernrohrziellinie auf den Punkt wird dann mit Hülfe der Schraube gemacht, die vorne in Fig. 1 sichtbar ist. *Eine* Umdrehung dieser Schraube entspricht genau einer Winkelverschiebung der Horizontalprojektion der Zielachse um 1°. Da die Trommel der Schraube in 60 Theile zerlegt ist, so liest man am Index Minuten ab und kann 0',1 durch Schätzung erhalten. Das Ablesen der Grade geschieht an Zahlen auf der Oberfläche des Kreises, die in einem kleinen, mit eingesetzter Lupe versehenen Ausschnitt der Albidadenverdeckung sichtbar werden.

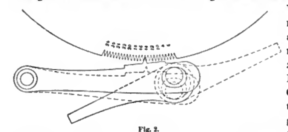


Fig. 2.

Ich lasse als Genauigkeitsversuch mit dem kleinen, leicht gebauten Theodolit hier nur die Zahlen einer Satzmessung zwischen 4 Zielpunkten folgen (Ablesung an der Schraubentrommel je auf 0',1, wobei dann aber in den Resultaten die dezimalen Minutentheile in Sekunden übersetzt sind) und stelle die Zahlen für denselben Satz, wie sie aus der Messung mit einem 20 *cm*-Theodolit (Nonien 10") hervorgingen, daneben. Es ist dabei noch vorauszuschicken, dass die Zahlen links und rechts die *Mittel* aus je *zwei* Sätzen vorstellen.

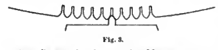


Fig. 3.

Zielpunkt	10"-Theodolit	Heyde's Theodolit	Zielpunkt
A	0° 0' 0"	0° 0' 0"	*A*
B	33° 2' 2"	33° 2' 11"	*B*
C	52° 35' 48"	52° 35' 35"	*C*
D	108° 20' 6"	108° 20' 47"	*D*

Die Abweichungen zwischen der ersten und zweiten Messung sind also, bis auf den Punkt *D*, sehr gering; zu der Abweichung von 0',7 bei diesem Punkt ist noch zu bemerken, dass die Entfernung des Standpunktes von *D* verhältnissmässig sehr klein war, sodass sicher der grösste Theil der Differenz aus der Verschiedenheit der thatsächlichen Standpunkte bei der ersten und zweiten Messung zu erklären ist: der Standpunkt war ein gebohrter Bodenpflock und es ist bei beiden Instrumenten nur mit dem Schnurloth zentrirt worden.

Im Ganzen ist die durch obige Zahlen ausgedrückte Leistung des Heyde'schen Instruments als vortrefflich anzuerkennen.

Was nun die Vorzüge des neuen Instruments betrifft, so ist vor allem hervorzuheben, dass man mit dem Instrument wesentlich *rascher* arbeitet, als mit einem Nonientheodolit selbst bei guter Beleuchtung des Instruments; besonders das Ablesen der (einen) Trommel unmittelbar unter dem Fernrohrokular ist bequemer als das der beiden Nonien in 90° Abstand von der Fernrohrziellinie. Diese Bequemlichkeit tritt besonders hervor, wenn die Beleuchtung zum Ablesen schlecht ist, z. B. bei Messungen in der Grube. Dagegen wird man für *feinere* Winkelmessung selbstverständlich nicht an diese Ersetzung des Theilkreises durch die Gradzähne und die Ersetzung der Nonien oder sonstigen Ablesevorrichtungen durch die eine Schrauben-

mikrometertrommel denken können. Anch wird Manchem ehen dieses, leicht Verletzungen ansgesetzte Schranbenmikrometer statt der Nonien an einem Instrument zu gröberer Horizontalwinkelmessung nicht hesonders zweckmässig erscheinen. Verfasser zweifelt aher nicht daran, dass Vielen die neue Einrichtung für gewisse Zwecke willkommen sein wird, z. B. hesonders zu Polygonwinkelmessungen (hauptsächlich in der Gruhe), oder in der Tachymetrie (wo für den einen Zweig der Schnellmessung die Einrichtnng noch wesentlich vereinfacht werden könnte).

Kreistachymeter von Puller-Breithaupt.

Von
Ingenieur **E. Puller.**

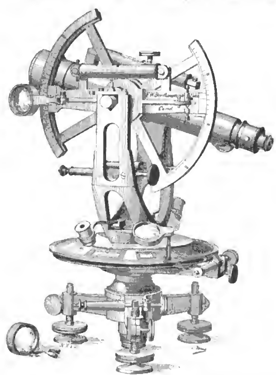
In der *Zeitschrift f. Vermessungswesen* **24.** *S. 66. 1895* wurde ein Kreistachymeter näher beschrieben und dabei auf die mit demselben zu erreichenden Vortheile hingewiesen. Verschiedene praktische Versuche haben nun einige Ahänderungen wünschenswerth erscheinen lassen, welche bei dem in umstehender Figur dargestellten Tachymeter Berücksichtigung gefunden haben.

Zunächst wurde es störend empfunden, dass der Indexstrich für die schnelle Ahlesnng der waagrechten Winkel sich in unmittelbarer Nähe des betreffenden Nonius befand. Daher ist bei vorliegendem Instrument ein besonderes Fensterchen für den Indexstrich vorgesehen worden, an welchem die Winkel mit Hülfe einer *grossen* Lupe bis anf ganze Minuten geschätzt werden können. Ferner wurde der Höhenkreis wesentlich abgeändert, indem an Stelle des Höhenbogens zwei Quadranten angeordnet sind, wie dies die Figur zeigt. Dementsprechend sind auch *zwei* Nonien für die Ablesnng genaner Höhenwinkel vorhanden, von welchen der eine heim Tachymetriren durch ein Plättchen mit einem Indexstrich verdeckt werden kann; anch hier sind *grosse* Lnpen gewählt. Diese Anordnung besitzt verschiedene Vortheile gegenüher der früher gewählten: durch das Vorhandensein der *beiden* Nonien kann in zwei Fernrohrlagen der „Indexfehler" des Höhenkreises leicht bestimmt und eliminirt werden, die Höhenwinkel lassen sich, wenn dies erforderlich erscheint, mit grösserer Genanigkeit ermitteln, und endlich ist die Ablesung dieser Winkel beim Tachymetriren weit heqnemer, da die Nonien sich in Höhe der Fernrohrdrehachse befinden. Die Anordnung der Alhidadenlibelle, welche bei jeder Visur zum Einspielen gebracht wird, erscheint für den Gebranch zweckmässiger und endlich ist noch der waagrechte Kreis mit Repetitionsvorrichtung versehen, wodurch es ermöglicht ist, das Tachymeter in jeder Hinsicht als *Theodolit* verwenden zu können. Eine solche Verwendung tritt stets ein, wenn es gilt, die Tachymeterstandpunkte nach Lage und Höhe festzulegen, was bei Strassen-, Kanal- und Eisenbahn-Vorarbeiten, die die Anfnahme eines verhältnissmässig schmalen Geländestreifens verlangen, wohl immer durch einen Polygonzug geschieht. Da sich bei dieser Thätigkeit unter *ausschliesslicher* Verwendung unseres Instrumentes namhafte Vortheile für die Feldarbeiten erzielen lassen, so soll hierauf noch knrz eingegangen werden; die Brauchbarkeit des Tachymeters wird dadurch noch mehr in die Augen springen.

Denken wir nns die Polygonpnnkte dnrch Pfähle im Felde bezeichnet, so hat man sich anf diese der Reihe nach mit dem Tachymeter aufzustellen.

Zunächst misst man in bekannter Weise die waagrechten Winkel mit Benutzung der Repetitionsvorrichtung; dem folgt das Setzen der Richtpfähle in den Polygon-

seiten, in Entfernung von etwa 100 *m* von einander; hieran schliesst sich die möglichst genane Messung der Höhenwinkel, die an beiden Nonien und in zwei Fernrohrlagen abgelesen werden. Diese Höhenwinkel bestimmt man stets für den vorhergehenden und den nachfolgenden Polygonpunkt, wodurch eine nicht zu unterschätzende Probe für die Richtigkeit der Messung entsteht. Um nun auch die Längen der Polygonseiten zu erhalten, werden an einer Nivellirlatte für die benachbarten Punkte die drei Fäden des Distanzmessers abgelesen; sollte dies bei grösserer Länge der Seiten unthunlich werden, so benutzt man für diese Bestimmung die schon geschlagenen Richtpfähle. Im Allgemeinen wird es mit Rücksicht auf den vorliegenden Zweck



der Polygone zulässig sein, Entfernungen bis zu 200 *m* tachymetrisch zu bestimmen, da jede Länge *zweimal* gemessen wird. Es leuchtet ein, dass solche Polygonbestimmungen mit genügender Genauigkeit, aber in weit geringerer Zeit ausgeführt werden können, da man nach obigem Verfahren nur noch so viele *Stunden* gebraucht, als für die Längenmessungen mittels Messlatten und für Nivelliren *Tage* erforderlich sind. Durch Anschluss an die trigonometrischen Punkte der Landesaufnahme, den man niemals unterlassen sollte, können die Polygone noch weiter auf ihre Richtigkeit hin geprüft werden.

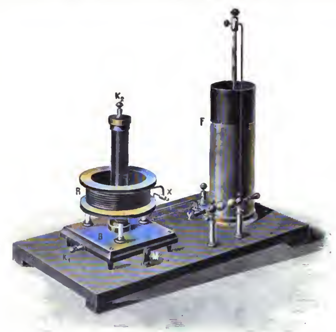
Das Tachymetriren selbst mit vorliegendem Tachymeter erfolgt in bekannter Weise und bedarf daher keiner weiteren Erläuterung.

St. Johann a. d. Saar, August 1896.

Hochspannungs-Apparat zur Demonstration der Tesla'schen Versuche.

Von
Ferdinand Ernecke, Präzisions-Mechaniker und Optiker in Berlin.

Im Folgenden erlaube ich mir, die Beschreibung eines Hochspannungs-Apparates zu geben, der es schon bei Anwendung eines Funkeninduktors von nur 10 *cm* Funkenlänge ermöglicht, die interessanten Erscheinungen, welche Wechselströme von hoher Wechselzahl darbieten, und welche durch die Untersuchungen von Nicola Tesla zuerst das allgemeinere Interesse erregten, in bequemer Weise zu demonstriren[1]). Der bei diesem Apparat benutzte Hochspannungs-Transformator nach Elster und



c. 1/8 nat. Gr.

Fig. 1.

Geitel bietet den Vortheil, dass er ohne die sehr lästige, bei den übrigen Tesla-Spulen nothwendige Oelisolation sicher funktionirt. Alle seine Theile liegen frei an der Luft und sind deshalb in jedem Augenblick zu übersehen. Auch gestattet die Anordnung, sekundäre Spulen von verschiedener Bewickelung durch einen Griff auszuwechseln.

Auf dem massiven Grundbrett des Hochspannungs-Apparates[2]) (Fig. 1) befindet

[1]) Der Preis des Hochspannungs-Apparates mit grosser Leydener Flasche und Erregerfunkenstrecke (Katalog Nr. 2476a) stellt sich auf 110 M. Auch die Nebenapparate, die zur Ausführung der im Folgenden beschriebenen Versuche nöthig sind, können einzeln bezogen werden (Katalog Nr. 2476b bis h). Sämmtliche in der Beschreibung und auf den Abbildungen befindlichen Buchstaben sind der besseren Orientirung wegen auf dem Apparat selbst angebracht.

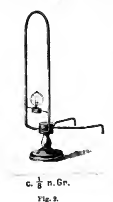
[2]) Die Clichés sind von dem Verfasser freundlichst zur Verfügung gestellt worden. — Die Red.



sich eine Leydener Flasche *F*, zu deren innerer und äusserer Belegung Drähte von den Polklemmen eines Induktoriums führen. Die Entladungen der Leydener Flasche gehen nun von der inneren Belegung durch die regulirbare Funkenstrecke *i*, durch die primären Windungen *R* des abnehmbaren Hochspannungs-Transformators und dann zur äusseren Belegung der Leydener Flasche. Die primäre Rolle *R* besteht aus wenigen Windungen sorgfältig durch Kautschuk isolirten dicken Kupferdrahtes, der auf eine flache Holzspule aufgewickelt ist. Die herausragenden Enden dieser Spule stehen einerseits bei *X* mit der äusseren Flaschenbelegung, andererseits bei *Y* mit der Funkenstrecke *i* in lösbarer metallischer Verbindung. In der Mitte des Brettchens *B*, das durch Glassäulen die Rolle *R* trägt, befindet sich eine konische Metallhülse, die mit der Drahtklemme K_1 verbunden ist. In diese Metallhülse lässt sich entweder eine sekundäre Spule mit sehr vielen Windungen feinen Drahtes (I) oder eine solche mit weniger Windungen etwas gröberen Drahtes (II) stecken. Das obere Ende einer jeden Spule bildet die Drahtklemme K_2. Die Klemmen K_1 und K_2 stellen somit die Pole der sekundären Transformatorspule dar. Die Funkenstrecke *i* wird, um ein gleichmässiges Uebergehen der Erregerfunken zu erzielen, durch zwei Zinkkugeln[1]) gebildet. Mit diesem Hochspannungs-Apparat lässt sich nun eine ganze Reihe sehr schöner Versuche ausführen. Die folgende Zusammenstellung ist zum Theil den Elster und Geitel'schen Versuchen entnommen.

1. Impedanz.

Um die Erscheinung der Impedanz zu zeigen, entfernt man zuerst durch Lösen der Verbindungen bei *X* und *Y* und Herausnehmen der Kordelschrauben *M* (die zweite in der Figur nicht sichtbar) den Hochspannungs-Transformator und schliesst dafür Belegung und Funkenstrecke durch Einsetzen eines dicken Kupferdrahtbügels (s. Fig. 2), zu dem eine kleine Glühlampe parallel geschaltet ist. Ein Gleichstrom oder ein Wechselstrom von geringer Wechselzahl würde nun zum überwiegenden Theil durch den dicken Kupferdraht von äusserst geringem Widerstande gehen und die Glühlampe deswegen dunkel bleiben. Da aber das Leitungsvermögen des Kupferdrahtes gegenüber den Tesla-Strömen vermöge der grösseren Selbstinduktion desselben geringer ist, als das des Kohlenfadens, so leuchtet die letztere auf.



c. $\frac{1}{8}$ n. Gr.

Fig. 2.



c. $\frac{1}{8}$ n. Gr.

Fig. 3.

2. Induktionswirkungen der Spule *R*.

An Stelle des Kupferdrahtbügels wird nunmehr die Rolle *R* wieder eingesetzt.

a) Schiebt man über *R* einen einfachen Drahtring mit einer Windung, zwischen dessen Enden eine 20 Volt-Lampe eingeschaltet ist, so geräth dieselbe in Rothglut.

b) Eine 12 Volt-Lampe, in einen Drahtring von 2 Windungen eingeschaltet und über die Rolle *R* geschoben, geräth bereits in einigen Zentimeter Entfernung von *R* in Rothglut und über *R* in Weissglut (Fig. 3).

[1]) Himstedt, *Wied. Ann.* 52. *S. 475. 1894.*

3. Büschel- und Funkenentladungen.

a) Führt man nun die sekundäre Spule I durch Einstecken in die konische Metallhülse in R ein und verbindet K_1 mit der Erde, so strahlen aus der Drahtklemme K_2 und dem oberen Theil der Spule nach allen Seiten Büschelentladungen aus.

b) Entfernt man die Erdleitung und verbindet K_1 und K_2 mit zwei in Stativen befestigten geraden Drähten, die man einander nähert, sodass sie auf etwa 3 *cm* parallel nebeneinander herlaufen, so bilden die Entladungen ein langes, schmales, bläulich weisses Lichtband.

c) Steckt man an Stelle der geraden Drähte zwei Drahtringe von verschiedenem Durchmesser in die Stative, so bilden die fast kontinuirlich zwischen den beiden Drahtkreisen übergehenden Büschelentladungen einen leuchtenden Kegelstumpf.

d) Nähert man der Klemme K_2 den zweiten Schenkel eines an K_1 angelegten Ausladers, so findet Funkenentladung statt.

Bei den Versuchen b) und c) muss die Funkenstrecke möglichst lang genommen werden.

4. Einpolige Wärmewirkungen.

a) Stellt man den Erregerfunken ganz kurz ein und hält dicht an die Klemme K_2 ein mit Stanniol umwickeltes Holzspähnchen, sodass die nunmehr ebenfalls kurzen sekundären Funken über das Holz hinweggleiten, so wird das Holzspähnchen zur Entzündung gebracht (Tuma).

b) Nähert man den Finger der Klemme K_2 und lässt den ganz kurzen Funken überschlagen, so verspürt man ein Brennen; bei längerer Wirkung kann eine Brandblase entstehen.

5. Kapazitätswirkungen und physiologische Wirkungen.

a) Verbindet man, nachdem man vorher wieder einen grossen Erregerfunken eingestellt hat, die Klemme K_2 von Spule I mit einem Leiter grösserer Kapazität, z. B. mit einem durch ein Stativ gehaltenen Drahtnetzschirm, so nimmt die Länge des sekundären Funkens ab. Je grösser die Kapazität des Leiters, desto kleiner die Funkenlänge.

b) Entfernt man den Metallschirm und hält einen Fingerknöchel in die Nähe von K_2, so erhält man keinen Schlag, noch verspürt man ein Brennen, sondern man spürt nur leicht prickelnde Funken. Berührt man K_2 direkt mit der Hand, so bleibt auch diese Wirkung aus. Fasst man K_1 und K_2 gleichzeitig an, schliesst also den Transformator kurz, so verspürt man ebenfalls nichts. Dies beweist die Ungefährlichkeit der elektrischen Schwingungen von hoher Frequenz, da dieselben nicht in das Innere des Leiters, also auch nicht in den menschlichen Körper eindringen, sondern sich an der Oberfläche desselben verbreiten.

6. Elektrisirung der Luft.

a) Hält man die Kugel einer Leydener Flasche an K_2 und lässt den Funken überschlagen, so bleibt die Flasche *ungeladen*.

b) Versieht man die Flaschenkugel mit einer feinen Spitze, so erhält man schon in einer Entfernung von etwa 10 *cm* eine Ladung der Flasche, welche *positiv* ist (Himstedt).

c) Verbindet man mit K_2 ein Elektroskop, so zittern die Elektroskopblättchen während der Thätigkeit des Transformators und zeigen nach Unterbrechen des Erregerstroms eine positive Ladung der sekundären Transformatorspule an.

d) Lässt man den sekundären Funken auf einer mit Lykopodium bestreuten Hartgummischeibe eine Staubfigur bilden, so wird dieselbe eine positive.

7. Leuchterscheinungen in verdünnten Gasen.

Befestigt man zwei kreisrunde Metallnetze in Stativen und verbindet diese durch Drähte mit der Spule II, welche man an Stelle von Spule I in die Metallhülse gesteckt hat, so erhält man zwischen diesen beiden Platten ein Hochfrequenzfeld.

a) Hält man in dieses Feld eine zylindrische, evakuirte Glasröhre ohne Elektroden, so leuchtet dieselbe auf. Berührt man mit dem Finger oder einem leitenden Gegenstand die Glaswand der Röhre, so zieht sich zu diesem Punkt ein Lichtfaden hin. Zwei, drei oder mehr die Glaswand berührende Leiter rufen eine entsprechende Anzahl abgelenkter Lichtfäden hervor.

b) Bringt man eine elektrodenlose, evakuirte Glaskugel in das Hochspannungsfeld, so leuchtet dieselbe ebenfalls auf, wobei die die Kugel haltenden Fingerspitzen, sowie jeder Leiter einen feinen, genau den Mittelpunkt der Kugel durchsetzenden Kathodenlichtstrahl erzeugt, der die gegenüberliegende Glaswand zur Fluoreszenz bringt.

c) Die Versuche a) und b) lassen sich in der Weise variiren, dass man nur die Klemme K_2 mit einem Drahtnetzschirm verbindet, K_1 aber mittels der Gas- oder Wasserleitung zur Erde ableitet. Nähert man nun die Röhren dem Schirm mit der Hand, so leuchten sie ebenfalls in der beschriebenen Weise auf. Die Wirkungen sind sogar stärker, sodass man die Kugel unter Umständen bis auf 1 *m* und darüber von dem Drahtnetzschirm entfernen kann.

d) Bildet man eine Kette aus mehreren Personen, deren erste die Klemme K_2 und deren letzte die Klemme K_1 berührt, und schaltet eine etwa 70 *cm* lange Glasröhre an irgend einer Stelle in diese Kette ein, so leuchtet die Röhre ebenfalls hell auf[1]).

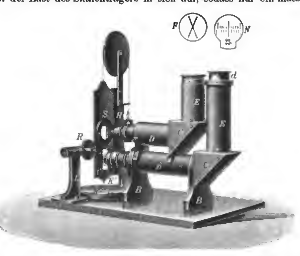
Präzisions-Dickenmesser.

Von
Mechaniker **Gustav Halle** in Berlin-Rixdorf.

Zur Dickenbestimmung von dünnen Krystalllamellen, Deckgläsern u. dgl., welche schnell und doch möglichst genau auch von weniger Geübten gemessen werden sollen, habe ich einen Dickenmesser konstruirt, der bei gänzlichem Fortfall von Mikrometerschrauben und beweglichen Fäden eine sichere relative Maassbestimmung bis auf 0,0005 *mm* ermöglicht; der Beobachter hat dabei nur die geringe Mühe, die richtige Strichablesung zu notiren; die eigentliche Maassbestimmung besorgt der Apparat selbst, weil keinerlei Fädeneinstellungen oder dergl. von der Hand des Beobachters nöthig sind. Das allgemeine Konstruktionsprinzip meines Apparates ist das des Abbe'schen Dickenmessers (*diese Zeitschr.* ***12.*** *S. 309. 1892*). Als charakteristische Vorzüge meiner Konstruktion betrachte ich folgende Punkte, auf welche sich auch der mir für das Instrument ertheilte Musterschutz bezieht: 1. die Verwendung einer transparenten Skale mit Glasmikrometer, 2. das Fehlen von Mikrometerschrauben und beweglichen Fäden, 3. die Ablesung der Messwerthe mittels eines Glas-Nonius.

[1]) Näheres hierüber findet sich in der Schrift „Experimente mit Strömen hoher Wechselzahl und Frequenz" von Etienne Fodor, revidirt und mit Anmerkungen versehen von Nicola Tesla. Leipzig, A. Hartleben.

Die untenstehende Abbildung zeigt in nahezu 4-facher Verkleinerung die äussere Ansicht des neuen Dickenmessers, die beiden kleinen Figuren stellen die zwei Okular-Diaphragmen mit den Ablesevorrichtungen dar. Die Basis des Instrumentes *A* ist eine dicke Metallplatte. Auf derselben sind unverrückbar die Ständer *L* und *H* befestigt, welche der flachen Stahlplatte *S* (von 2 *mm* Dicke und etwa 40 *mm* Breite) bei ihrer Bewegung in vertikaler Richtung zur Führung dienen. Die Platte ist an beiden Längskanten spitzwinklig abgeschrägt und gleitet leicht in einer Längsnuthe des hohen Ständers *H*. Die stets gleichmässige Anlage in der Führungsrinne wird durch eine federnde Friktionsrolle *R* gewährleistet, welche, getragen von dem kurzen Ständer *L*, mit sanftem Druck die Platte (den Skalenträger) fortdauernd sicher in der Gleitbahn erhält. Nach unten endigt die Stahlplatte in eine kleine, glasharte, fein polirte Kugel *K'*, am oberen Ende ist sie durchbohrt zur Aufnahme der Schnur, welche, über eine Friktionsrolle laufend, das Gegengewicht trägt; dieses nimmt den grössten Theil der Last des Skalenträgers in sich auf, sodass nur ein mässiger Druck,



etwa 10 *g*, das zu messende Objekt trifft. Genau gegenüber der Kontaktkugel *K'* ist auf der Grundplatte eine harte Kugel *K* befestigt, auf welcher das Messobjekt ruht. Für grössere Platten (bis zu 80 *mm*) sind noch zwei gleiche harte Stahlkugeln angeordnet, die mit der Kugel *K* ein gleichseitiges Dreieck bilden. Diese zwei mehr auswärts liegenden Kugeln dienen zusammen mit der Zentralkugel demnach als zuverlässige Basis für Platten von über 30 *mm* Durchmesser und sind durch eine runde Deckplatte *G*, aus welcher nur die oberen Kuppen ein wenig hervorragen, mittels dreier Schrauben festgelegt. Die Stahlplatte *S* ist an zwei dicht übereinander liegenden Stellen rechteckig durchbrochen. Diese Oeffnungen von 20 *mm* Höhe bei 10 *mm* Breite gestatten eine reichlich bemessene Beleuchtung der auf dem Skalenträger befestigten, mit Mikrometertheilung versehenen Glasplättchen. Die obere Platte trägt eine 10 *mm* lange, in $^1/_{10}$ *mm* getheilte Skale, die untere dagegen 200 Intervalle von je 0,01 *mm* (letztere ist eine vorzügliche Möller'sche Objektivmikrometer-Skale). Die 0-Punkte dieser beiden Skalen liegen 30 *mm* über einander, die Plättchen selbst sind in konstanter Entfernung mittels Leisten fest mit der Stahlplatte *S* verbunden.



Die direkte Berührung der Kontaktkugeln K und K' giebt den 0-Punkt für die Mikrometertheilungen. Zwei Mikroskope DD, mittels der starken Träger BB unverstellbar fest mit der Grundplatte A verbunden, dienen nun dazu, die jeweilige Entfernung der beiden Kontaktkugeln bei der Messung zu bestimmen, d. h. die Dicke des zwischenliegenden Objektes festzustellen. Diese beiden genau parallel über einander angeordneten Mikroskope sind mit ihren optischen Achsen, wie schon erwähnt, um 30 *mm* von einander entfernt; der Bequemlichkeit wegen sind sie mit gebrochenen Tuben ausgestattet. Die Gehäuse CC, in denen die rechtwinkligen Prismen befestigt sind, tragen die Okulartuben EE, welche zwei verschiedene Okulare aufnehmen. Das untere Mikroskop giebt mit seinem Okular eine 300-fache lineare Vergrösserung; die Intervalle der unteren Mikrometerskale erscheinen demnach 3 *mm* gross, und sie werden durch einen im Bildpunkte der Okularlinse befestigten Glas-Nonius N wiederum in 10 Theile zerlegt, somit wird eine direkte Ablesbarkeit von 0,001 *mm* geschaffen. Die tausendtel Millimeter erscheinen dabei sehr deutlich, sodass, zumal in Hinsicht auf die günstige Beleuchtung der durchsichtigen Mikrometerplatte, auch Bruchtheile des μ leicht geschätzt werden können. Das zweite bedeutend kürzere Mikroskop mit schwacher Vergrösserung, welches die obere 10 *mm* lange Skale bestreicht, ist für die gröbere Ausmessung bis auf 0,1 *mm* bestimmt; mittels zweier auf dem Diaphragma des Okulars befestigter Fäden in der Form eines Andreaskreuzes (mit horizontaler Halbirungslinie des Winkels beider Fäden) werden die vollen und zehntel Millimeter abgelesen. Die vollen Millimeter sind mit Zahlen versehen, sodass bei einem Gesichtsfeld von nahezu 3 *mm* stets zwei Ziffern sichtbar sind. Die Einstellung des Striches ist mit Hülfe des Andreaskreuzes gegen den gut beleuchteten Hintergrund sehr deutlich sichtbar. Das Diaphragma im Okular des unteren Mikroskopes ist bis auf 0,2 *mm* verengt, hat jedoch eine seitliche Ausweitung (siehe Ansicht N), welche den Durchblick für die Bezifferung der zehntel Millimeter freilässt.

Besonders zu bemerken ist, dass weder die Objektive noch die Okulare jewellig eingestellt werden müssen, beide bleiben unverändert fest stehen, nur die Okularlinsen sind für die Benutzung durch verschiedene Beobachter verschiebbar eingerichtet. Sind die Bildpunkte einmal richtig für einen Beobachter eingestellt, so ist auch die Nonieneinstellung sowohl als auch die Mikrometerskale in die Bildebene des Okulares gerückt und alles zur Messung fertig.

Eine Flachbrennerlampe, deren Flamme in passender Höhe hinter S liegt, giebt mit Zuhülfenahme von zwei Milchglasschirmen (vor und hinter der Flamme) ein gleichmässiges, nahezu weisses Lichtfeld, von welchem sich die vergrösserten Mikrometerstriche recht scharf abheben. d ist ein Augendeckel mit kleiner Oeffnung für das Nonien-Okular, um die Parallaxe aufzuheben.

Das Arbeiten mit diesem neuen Dickenmesser vollzieht sich ohne jede Mühe, die lästige Ermüdung der Augen, welche bei Metallskalen und beweglichen Fäden leicht eintritt, ist hierbei nahezu ausgeschlossen. Die Ablesungen sind ohne jede Vorübung schnell und sicher ausführbar. Da der Apparat keine Mikrometerschraube besitzt und alle Theile, ausser dem auf- und abgleitenden Skalenträger, fest stehen, so hat man beim Arbeiten auch nur die zu messende Platte zwischen die Kontaktkugeln zu bringen und kann sofort die Dicke ablesen; zeigt sich z. B. im schwachen Mikroskop die weite Skale um 1,6 bis 1,7 *mm* verschoben, im stark vergrössernden Mikroskop der 0-Punkt des Glas-Nonius um 7 bis 8 Intervalle der hundertstel Millimeterskale, während der 6. Nonienstrich einem ihrer Theilstriche am nächsten liegt, so schreibt man als Dicke unmittelbar 1,676 *mm* auf; bei guter Uebung lassen

sich bequem die Zehntel μ noch schätzen; im angeführten Beispiel, wenn der Einstellungspunkt nahe dem 7. Tausendtheil liegt, ergäbe sich etwa die Ablesung 1,6768 *mm*.

Ein besonderer Vorzug des Instrumentes ist noch die leicht ausführbare Kontrole des 0-Punktes, welche, nach Fortnahme des Objektes, augenblicklich die Deckung beider Nullpunkte ergeben muss.

Der Verkaufspreis ist 270 M.

Photometrische Untersuchungen.

Von
Prof. **O. Lummer** und Dr. **E. Brodhun.**
(Mittheilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.)

VI. Verwendung des Talbot'schen Gesetzes in der Photometrie.

An jedem photometrischen Apparat kann man zwei wesentlich verschiedene Theile unterscheiden, erstens die Vorrichtung, welche zur Einstellung, und zweitens diejenige, welche zur Messung dient. Mit der ersteren beschäftigen sich vornehmlich die früheren Veröffentlichungen (Nr. I bis Nr. IV)[1]). Man kann kurz sagen, dass eine derartige Vorrichtung gewöhnlich aus zwei diffus leuchtenden Feldern, den beiden Photometerfeldern, besteht, von denen je eins von einer der beiden zu vergleichenden Lichtquellen erleuchtet wird, und aus einer Einrichtung, welche es dem menschlichen Auge möglichst erleichtert, die Helligkeit der beiden Felder zu vergleichen. In *dieser Zeitschrift* **9.** *S. 461. 1889* ist ein derartiger Apparat, das Kontrastphotometer, beschrieben, bei welchem die Genauigkeit der Messung dadurch charakterisirt ist, dass der mittlere Fehler einer Einstellung etwa $^1/_4$ % beträgt.

Der zweite Theil eines photometrischen Apparats, die Vorrichtung, welche erlaubt, das auf die Photometerfelder oder wenigstens auf eins der Photometerfelder auffallende Licht messbar zu verändern, wird als nothwendigen Bestandtheil eine Skale oder Theilung tragen müssen, aus welcher man den Grad dieser Veränderung bestimmen kann. An diese Theilung muss die Forderung gestellt werden, dass sie zu der Einstellungsgenauigkeit in einer bestimmten Beziehung steht, derart dass Lichtstärkenveränderungen, welche der Einstellungsapparat noch gerade angiebt, auch auf der Theilung noch sicher abgelesen werden können. In unserem Falle muss man also eine Lichtstärkenveränderung von $^1/_4$ % auf der Theilung noch ablesen können. Eine weitere Forderung ist die, dass die Ablesung des Index zu der Helligkeit auf dem betreffenden Photometerschirm in einer einfachen Beziehung steht, dass also die Lichtstärke nicht erst durch eine komplizirte Rechnung gefunden werden muss.

Weitaus die gebräuchlichste Vorrichtung zur messbaren Veränderung der Helligkeit auf dem Photometerschirm ist die gerade Photometerbank, bei welcher die Entfernung zwischen dem Photometerschirm und der entsprechenden Lichtquelle messbar geändert werden kann. Die Einrichtung der in der Reichsanstalt benutzten Bänke ist in *dieser Zeitschr.* **12.** *S. 41. 1892* beschrieben. Andere gebräuchliche derartige Messvorrichtungen sind Nicol'sche Prismen, welche namentlich bei einigen Spektralphotometern (von Glan, König) Verwendung finden, Konkav-Linsen, welche zwischen der Lichtquelle und dem Photometerschirm verschoben werden, Objektive, deren Oeffnung messbar verringert werden kann (z. B. Kundt-Stenger'sches Spektral-

[1]) *Diese Zeitschr.* **9.** *S. 41 u. S. 461. 1889;* **10.** *S. 119. 1890;* **12.** *S. 41. 1892.*

photometer), absorbirende Substanzen wie Rauchglas, Milchglas (Sternphotometer von Pritchard, Photometer von Leonhard Weber) und der rotirende Sektor. Der letztere, welcher uns hier näher beschäftigen soll, hat vor allen übrigen eine Reihe von Vorzügen.

1. Die Vorrichtung bildet einen Apparat für sich, welcher sich mit jeder Einstellvorrichtung kombiniren lässt und an jeder beliebigen Stelle in den Gang der Lichtstrahlen gebracht werden kann.

2. Die Natur des Lichtes wird durch Einschaltung des Apparats nicht verändert. Man braucht sich also nicht darum zu kümmern, ob das Licht etwa theilweise linear oder elliptisch polarisirt ist.

3. Alle Wellenlängen werden in der gleichen Weise geschwächt, was namentlich bei Rauchglas und Milchglas wohl nie der Fall ist.

4. Die Lichtschwächung geht nach einem so einfachen Gesetz vor sich, dass die Rechnung sehr vereinfacht wird, sogar bei passender Anordnung ganz vermieden werden kann.

5. Der Apparat lässt sich für Messungen von grosser Genauigkeit einrichten, denn die Herstellung der einzelnen Theile (Achsen, Schneiden, Theilkreise) sind dem Mechaniker von Apparaten (Theodoliten, Spektrometern) geläufig, welche häufig in grösster Feinheit hergestellt werden müssen.

Unanwendbar ist die Vorrichtung nur für die Schwächung von intermittirendem Licht, also z. B. Wechselstrombogenlicht. Indessen kann man sich in solchen Fällen dadurch helfen, dass man den Lichtschwächer zwischen der Vergleichslampe und dem zugehörigen Photometerfelde anbringt. Unbequem ist nur, dass man eine Vorrichtung zur Hervorbringung einer ziemlich schnellen Rotation nöthig hat. Da hierbei aber im Allgemeinen nur eine sehr geringe Arbeit zu leisten und nur die Reibung der Achsen in ihren Lagern und der Scheiben gegen die Luft zu überwinden ist, so kommt man gewöhnlich mit einfachen Einrichtungen (Uhrwerk, Hand-Schwungmaschine) aus.

Das Gesetz, nach welchem die Lichtschwächung vor sich geht, ist, wie bereits unter den Vorzügen des Apparats erwähnt ist, überaus einfach, es unterscheidet sich aber von den bei den übrigen Schwächungsmethoden zur Geltung kommenden Gesetzen sehr wesentlich dadurch, dass es nicht physikalischer, sondern physiologischer Natur ist. Da seine allgemeine Gültigkeit wiederholt angezweifelt ist und theilweise noch heute angezweifelt wird, so scheint es nöthig, auf dasselbe ein wenig näher einzugehen.

Ueber das Talbot'sche Gesetz. Intermittirende Lichteindrücke ähnlicher Art bringen, wenn sie genügend schnell auf einander folgen, denselben Eindruck hervor wie kontinuirliche Beleuchtung. Die Intensität dieser kontinuirlichen Beleuchtung ist bestimmt durch das Talbot'sche Gesetz[1]), welchem Helmholtz in seiner physiologischen Optik[2]) folgende Fassung giebt: „Wenn eine Stelle der Netzhaut von periodisch veränderlichem und regelmässig in derselben Weise wiederkehrendem Lichte getroffen wird, und die Dauer der Periode hinreichend kurz ist, so entsteht ein kontinuirlicher Eindruck, der dem gleich ist, welcher entstehen würde, wenn das während einer jeden Periode eintreffende Licht gleichmässig über die ganze Dauer der Periode vertheilt würde". Der einfachste Fall einer solchen periodischen Netzhautreizung liegt bei einer

[1]) *Phil. Mag.* **5.** *(5) S. 321. 1834.*
[2]) *Erste Auflage S. 339.*

rotirenden Kreisscheibe mit einem schwarzen und einem weissen Sektor vor, oder in einer rotirenden undurchsichtigen Kreisscheibe mit einem sektorförmigen Ausschnitt, welcher zwischen eine Lichtquelle und das Auge geschaltet wird. Ist die Helligkeit des weissen Sektors bezw. die Lichtstärke der Lichtquelle J, die Grösse des Sektors α^0, so ist nach obigem Gesetz die Stärke des denselben Eindruck hervorrufenden kontinuirlichen Lichtes gegeben durch $(\alpha/360)\,J$. Die Lichtstärke ist also der Grösse des Sektors proportional. Solche Kreisscheiben und Sektoren finden namentlich zu physiologischen Versuchen viel Verwendung. Hierher gehört der Farbenkreisel, welcher ein bequemes Mittel zur Herstellung von Farbenmischungen aus Pigmentfarben ist. Bekannt ist ferner der Aubert'sche Episkotister[1]), welcher aus zwei mit den Zentren an einander gelegten, geschwärzten Messingscheiben besteht, in deren jeder 4 symmetrische Sektoren von 45° ausgeschnitten sind.

Dass intermittirende Netzhautreizungen einen kontinuirlichen Eindruck hervorbringen können, liegt erstens in der Trägheit der Nervensubstanz, welche bewirkt, dass ein Lichteindruck eine bestimmte Zeit andauern muss, bis er seine ganze Wirkung äussern kann, und dass nach dem Aufhören der Reizung die Wirkung erst allmählich verschwindet (Anklingen und Abklingen), und zweitens darin, dass zwei zeitlich auf einander folgende Reize wie zwei räumlich neben einander liegende einen bestimmten Unterschied in der Stärke aufweisen müssen (Schwellenwerth), damit der Unterschied empfunden wird. Der physiologische Vorgang ist also ein recht komplizirter, und es ist weder *a priori* klar noch beweisbar, dass das Auge für alle möglichen Intensitäten, für lange und kurze Perioden die Integration nach dem einfachen oben angegebenen Gesetz ausführt. Aus diesem Grunde ist denn auch das Talbot'sche Gesetz wiederholt einer Prüfung unterzogen worden.

Plateau[2]) prüfte es an Kreisscheiben mit schwarzen und weissen Sektoren, indem er feststellte, in welche Entfernung die rotirende und eine weisse ruhende Scheibe von der beleuchtenden Lichtquelle gestellt werden mussten, damit sie gleich hell erschienen. Von 5 Resultaten seiner photometrischen Messungen (mit verschiedenen Sektoren) sind 4 grösser, als sie nach dem Talbot'schen Gesetz sein müssten, eine kleiner. Plateau schliesst aus seinen Versuchen die Gültigkeit des Gesetzes. Fick war später der Ansicht, dass die Versuche die Ungültigkeit des Gesetzes anzeigen (s. unten). Helmholtz[3]) bestätigte das Gesetz, indem er feststellte, dass eine rotirende Scheibe mit schmalen schwarzen und weissen Sektoren dieselbe Helligkeit besitzt wie die gleiche ruhende, wenn man letztere durch eine Konvex-Linse betrachtet, welche die Akkommodation verhindert, sodass eine gleichmässige Vertheilung des Lichtes der weissen Sektoren über die ganze Scheibe eintritt. Theoretische Betrachtungen, welche Fick[4]) anstellte, führten ihn zu dem Resultat, dass das Talbot'sche Gesetz unmöglich richtig sein könne, dass unmöglich zwischen so komplizirten Vorgängen, wie das An- und Abklingen sind, eine so einfache Beziehung bestehen könne, wie sie dem Talbot-schen Gesetz entspricht. Er stellte Versuche an nach derselben Methode wie Plateau, indem er die Versuchsanordnung verbesserte, und gelangte zu dem Ergebniss, dass das Talbot'sche Gesetz allgemein nicht gilt, dass bei stärkeren Helligkeiten die Wirkung des intermittirenden Lichtes stärker ist, als sie nach dem Gesetz sein müsste, dass der Unterschied geringer wird mit abnehmender Helligkeit und viel-

[1]) *Physiologie der Netzhaut S. 30, 34, 283.*
[2]) *Pogg. Ann.* **35**. *457. 1835.*
[3]) *Physiolog. Optik. Erste Auflage. S. 340.*
[4]) *Reichert's u. du Bois-Reymond's Archiv. 1863. S. 739.*

leicht sich sogar bei ganz geringer Heiligkeit umkehrt. Die Abweichnng beträgt im Maximum $^1/_7$. Nach Aubert's[1]) Ansicht sind die Unterschiede im Vergleich zu den Bestimmungsfehlern so gering, dass das Talbot'sche Gesetz durch Fick's Versuche bestätigt wird. Recht eingehend und mit gehöriger Kritik hat dann Kleiner[2]) das Gesetz geprüft. Er benutzte ein Zöllner'sches Photometer, also Nicol'sche Prismen. Während demnach Plateau und Fick das Entfernungsgesetz zu Grunde legten, nahm Kleiner das Malus'sche Gesetz als richtig an. Zur Vergleichnng gelangten 2 im Gesichtsfeld neben einander liegende Lichtpunkte, von denen der eine durch einen rotirenden Sektor, dessen Breite mit einem Theodoliten möglichst genau gemessen wurde, der andere durch die Nicol'schen Prismen geschwächt wurde. Die Versuche ergaben eine Bestätigung des Talbot'schen Gesetzes, insofern die mittleren Fehler der photometrischen Bestimmung ebenso gross waren, wie die Abweichungen von dem zu prüfenden Gesetz. Immerhin betrugen diese mittleren Fehler mehrere Prozent (3 bis 8 %). Später haben Wiedemann und Messerschmidt[3]) das Gesetz geprüft und bestätigt gefunden. Die Abweichungen betrugen aber auch hier mehrere Prozent.

Man erkennt, dass die strenge Gültigkeit des Gesetzes bisher keineswegs als erwiesen gelten kann[4]), insbesondere würden Abweichungen von wenigen Prozent oder gar unter 1 Prozent sich bei den beschriebenen Versuchen nicht gezeigt haben. Es erschien desshalb nöthig, dass auch in der Reichsanstalt eine genaue Prüfung wenigstens für diejenigen Fälle vorgenommen wurde, für welche der Sektor Verwendung finden sollte, d. h. für nicht zu kleine Winkel und für weisses Licht (nicht für Farbenmischung). Die Versuche wurden ausgeführt mit dem ersten der beiden unten beschriebenen Apparate an der früher[5]) beschriebenen photometrischen Einrichtung der Reichsanstalt.

Zunächst wurde untersucht, ob sich eine Abhängigkeit der Lichtstärke des intermittirenden Lichtes von der Grösse der Periode zeigte[6]). Auf der Photometerbank befand sich zu beiden Seiten des Photometers je eine auf konstanter Stromstärke gehaltene Glühlampe. Zwischen der einen von ihnen und dem entsprechenden Photometerschirm und zwar diesem möglichst nahe stand der Sektorenapparat. Man benutzte verschiedene Sektorenbreiten und stellte Gleichheit im Photometer durch Entfernungsänderung der einen Glühlampe her. Die Rotationsgeschwindigkeit wurde variirt zwischen 13,5 bis fast 100 Umdrehungen in der Sekunde, sodass also, da 2 Sektoren vorhanden sind, 27 bis 200 Unterbrechungen der Lichtstrahlung in der Sekunde entstanden. Es zeigte sich *keine* Abhängigkeit von der Rotationsgeschwindigkeit. In dem angegebenen Bereich ist also die Abhängigkeit jedenfalls kleiner als $^1/_2$ % der Lichtstärke.

Ferner wurde für eine beliebige Rotationsgeschwindigkeit das Gesetz der Proportionalität mit der Sektorenbreite geprüft. Hierfür benutzte man zunächst auf derjenigen Seite, auf welcher der Sektorenapparat stand, eine Glühlampe mit geradem

[1]) *Physiolog. Optik S. 516; Physiologie der Netzhaut S. 351.*

[2]) *Pflüger's Archiv* **18.** *S. 542. 1878.*

[3]) *Wied. Ann.* **34.** *S. 465. 1888.*

[4]) Vgl. hierzu auch die Versuche über das sog. künstliche Spektrum von Benham *Nature 1894. S. 113 u. 167;* H. W. Vogel *Verhandl. der Berl. Physik. Ges. 1895. S. 45.*

[5]) *a. a. O.*

[6]) In dieser Beziehung hat ausser einem Theil der bereits zitirten Experimentatoren G. N. Stewart (*Proc. Edinb.* **15.** *S. 441.*) Versuche angestellt.

Kohlenfaden, damit das Entfernungsgesetz in möglichst weitem Umfang als richtig angenommen werden konnte. Die Weite des Sektors wurde zwischen 25° und 90° variirt und die Einstellung durch Entfernungsänderung der zuletzt erwähnten Glühlampe bestimmt und zwar jedesmal erstens ohne Wirkung des Sektors, also bei nicht intermittirendem Licht, und zweitens bei rotirendem Sektor. Kleiner als 25° konnte der Sektor nicht gemacht werden, weil man dann mit der Glühlampe so nahe an das Photometer herankommen musste, dass das Entfernungsgesetz für den Glühfaden nicht mehr als gültig angenommen werden konnte. Auch hierbei zeigte sich *keine* Abweichung vom Talbot'schen Gesetz.

Bei diesen Versuchen ist es immer noch ein Mangel, dass man das Entfernungsgesetz für die ausgedehnte Lichtquelle (Glühlampe) zu Grunde legen muss. Aus diesem Grunde wurde noch die folgende Anordnung getroffen. Es wurden 3 gewöhnliche Glühlampen *a*, *b*, *c* benutzt (s. Fig. 1, wo *P* das Photometer, *S* den Sektorenapparat bedeutet). *b* und *c* stehen nebeneinander auf der rechten Seite vom

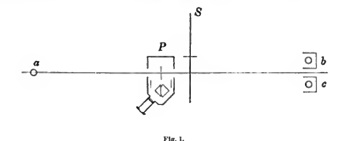


Fig. 1.

Photometer, auf welcher auch der Sektorenapparat angebracht ist. Jede dieser Lampen befindet sich in einem Gehäuse, welches nach dem Photometerschirm zu eine Oeffnung hat und welches verhindert, dass die eine Lampe Licht auf die andere werfen kann. Die Lampen *b* und *c* stehen fest, *a* ist beweglich. Indem man den Sektorenapparat ausschaltet, bald *b*, bald *c* abblendet, und die Stromstärken, mit denen diese beiden Lampen brennen, verändert, kann man bewirken, dass beide den Photometerschirm genau oder doch auf Bruchtheile von 1 % genau gleich stark erleuchten. Lässt man nun *beide* Lampen *b* und *c* auf den Photometerschirm scheinen und zugleich den Sektor mit 2 mal 90° Oeffnung rotiren, so muss bei Gültigkeit des Talbot'schen Gesetzes auf der rechten Seite des Photometerschirmes genau dieselbe Helligkeit sein wie bei ausgeschaltetem Sektorenapparat nach Abblendung der einen Lampe (*b* oder *c*). Wenn man also jetzt wieder Einstellungen mit *a* macht, so muss man auf dieselbe Stelle der Photometerbank kommen wie vorher. Entsprechende Versuche wurden gemacht, indem der Sektor auf 90° gestellt wurde, wenn nur eine der beiden Lichtquellen *b* und *c* leuchtete, und auf 45°, wenn beide leuchteten. Die Einstellungen ergaben stets, dass die Abweichungen von derselben Grösse wie die möglichen Fehler waren. Stets betrugen sie weniger als $^1/_2$ %.

Hieraus folgt also, dass das Talbot'sche Gesetz mit der Genauigkeit gilt, mit welcher man photometrische Messungen ausführen kann. Es ist aber zu bemerken, dass es für sehr kleine Sektorengrössen in der Reichsanstalt nicht geprüft ist. Insbesondere wäre zu untersuchen, welchen Einfluss bei sehr kleinem Sektorwinkel das an den Schneiden gebeugte Licht hat.

Es bleibt noch übrig, einige Worte über die nothwendige Rotationsgeschwindigkeit zu sagen. Es ist einleuchtend, dass diese jedenfalls so gross genommen werden muss, dass das Flimmern ganz aufhört. Die Zahl der Intermittenzen, bei welcher dies stattfindet, hängt nun von der Intensität in der Weise ab, dass jene Zahl oder die Umdrehungsgeschwindigkeit umso grösser sein muss, je grösser die Intensität ist. Verschiedene Physiologen haben die Grenze, bei welcher das Flimmern aufhört, bestimmt, so Plateau, Emsmann[1]), Aubert[2]), Brücke[3]), Helmholtz[4]), Kleiner[5]). Nach Helmholtz beträgt die Zahl der nothwendigen Intermittenzen bei starkem Lampenlicht, welches eine Scheibe mit einem schwarzen und einem weissen Sektor beleuchtet, 24, bei Vollmondlicht nur 10 in der Sekunde. Kleiner hat diese Verhältnisse genauer studirt und Kurven für die Veränderung der Zahl gegeben. Seine höchste (also die bei seiner stärksten Beleuchtung erhaltene) Zahl ist etwa 40. Für eine mittlere Beleuchtungsstärke auf dem Photometerschirm von ungefähr 10 (*Hefnerlicht/m²*) genügen 30 Unterbrechungen in der Sekunde.

Beschreibung der Apparate. In der Reichsanstalt wird das Talbot'sche Gesetz vielfach bei Lichtmessungen angewandt, und es sind mehrere Apparate hergestellt, welche auf diesem Gesetz beruhen. Hier sollen zunächst zwei für exakte Messungen bestimmte kurz beschrieben werden. Beide sind von der Firma Doerffel & Färber in Berlin ausgeführt worden.

Der erste unterscheidet sich nicht wesentlich von dem Aubert'schen Episkotister, nur dass jede der beiden Scheiben zwei symmetrisch gelegene Sektoren von je 90° enthält. Die Scheiben lassen sich mit leichter Reibung gegen einander bewegen und in jeder Lage durch eine Schraube festklemmen, sodass wirksame Ausschnitte jeder Grösse zwischen 0° und 2 × 90° hergestellt werden können. Die eine Scheibe trägt auf ihrem Rande eine Theilung in halbe Grade, die andere zwei Nonien, welche die Ablesung des eingestellten Winkels auf $\frac{1}{30}$° genau gestatten. Die grössere Scheibe hat einen Durchmesser von 178 *mm*, jede Schneide eine Länge von 49 *mm*. Das Scheibenpaar sitzt auf einer gemeinsamen Achse, welche mittels Schnurlaufs durch einen kleinen Elektromotor von $\frac{1}{10}$ Pferdekraft in genügend schnelle Drehung versetzt werden kann. Ein mit der Achse verbundenes Zählwerk gestattet, die Umdrehungsgeschwindigkeit zu bestimmen. Eine mechanische Prüfung der Schneiden mit Hülfe des Komparators ergab, dass die thatsächliche Grösse des Sektorenausschnittes für verschieden weit vom Zentrum entfernte Schneidenpunkte bis auf einige Hundertel Grad den gleichen Werth hat. Die Korrektion für die Nullpunkte der beiden Nonien betrug im Mittel 0,°06 bezw. 0,°09. Es folgt, dass man Bestimmungen des Winkels mit der eingangs verlangten Genauigkeit von $\frac{1}{4}$% bis zu einer Sektorenbreite von 5° herunter ausführen, also eine zuverlässig messbare Lichtschwächung von 1 auf $\frac{1}{72}$ mit dem Apparat vornehmen kann.

Ein erheblicher Uebelstand bei diesem Apparat ist es, dass man keine kontinuirliche Lichtschwächung mit demselben ausführen kann, weil eine Veränderung der Sektorengrösse nur bei Stillstand der Scheiben bewirkt werden kann. Aus diesem Grunde ist noch ein zweiter etwas grösserer Apparat angefertigt worden, bei welchem

---

[1]) *Pogg. Ann.* **91.** *S. 611. 1854.*

[2]) *Physiologie der Netzhaut S. 352.*

[3]) *Wiener Berichte* **49.** *S. 128. 1864.*

[4]) *Physiolog. Optik. Erste Aufl. S. 344.*

[5]) *Inaug.-Diss. Zürich 1874; Zürcher Vierteljahrsschrift. 1874.*

die Veränderung der Sektorengrösse während der Rotation möglich ist[1]). Von diesem zeigt Fig. 2 eine Ansicht, Fig. 3 einen Durchschnitt.

In den beiden Lagern *a* der Säulen *A* liegt die Rotationsachse *B*, welche die mit ihr festverbundene Scheibe *C* und die dagegen drehbare Scheibe *D* trägt. Die Scheiben-Ausschnitte, sowie Theilkreis und Nonius sind wie bei dem vorher beschriebenen Apparat eingerichtet. Der Durchmesser des äusseren Theilkreises beträgt aber 212 *mm*, die Länge der Schneiden 54,5 *mm*, die Nonien sind auf $^1/_{50}{}^0$ ablesbar. Die Scheibe *C* ist gegen die Rolle *b* geschraubt, welche mitteis eines Schnurlaufs mit dem Elektromotor *G* verbunden werden kann. Der Theilkreis *D* sitzt an dem einen Ende der langen Hülse *e*; er ist in der aus Fig. 3 ersichtlichen Weise mittels der



Fig. 2.

Schrauben *f* so festgeklemmt, dass er nach Lockerung derselben gegen die Hülse *e* gedreht werden kann. Während die Rolle *b* (mit dem Theilkreis *C*) in einer Nuth so auf die Achse *B* geschoben ist, dass sie sich nicht gegen dieselbe drehen kann, ist die Hülse *e* mit der Scheibe *D* um die Achse *B* drehbar. Die Mutter *c* und die Gegenmutter *d* dienen dazu, die Rolle *b* und die Hülse *e* so gegen den Ansatz *h* der Achse *B* zu drücken, dass die Scheiben mit leichter Reibung an einander vorübergleiten können. An ihrem anderen (nach dem Ansatz *h* zu liegenden) Ende trägt die Hülse *e* zwei einander gegenüberliegende, also 180° von einander entfernte Schneckengänge von je reichlich 90° Länge, in welche zwei über die Schrauben *g* geschobene

[1]) Aehnliche Apparate sind beschrieben von Abney und Festing, *Proc. of the Roy. Soc.* **43.** *S. 274*, von A. König (nach Konstruktion von Oehmke), *Verhandl. d. Phys. Ges. in Berlin 1891. S. 68* und von Karl Marbe, *Centralblatt für Psychologie 1894. Heft 25.*



Rollen mit möglichst geringem Spielraum eingreifen. Diese Schrauben g sitzen in der Hülse i, deren eines, weiteres Ende über die Hülse e greift, während das andere dünnere Ende über die Drehungsachse B so geschoben ist, dass es in einer Nuth, welche eine Drehung gegen die Achse B verhindert, längs dieser Achse bewegt werden kann. Dieses andere Ende der Hülse i ruht weiter in einem Lager l des Trägers E, sodass die Hülse in diesem Lager rotiren, sich aber, wenn der Träger E fixirt ist, nicht längs der Achse B bewegen kann. Der Träger E ist in Richtung der Achse B in einer aus der Figur ersichtlichen Schlittenführung durch die Mikrometerschraube F beweglich.

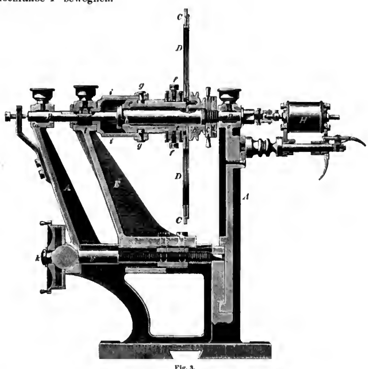


Fig. 3.

Nehmen wir zunächst an, dass die Achse B ruht, so wird durch Drehung der Mikrometerschraube F die Hülse i in Richtung der Achse B verschoben, dadurch gleiten die an den Schrauben g sitzenden Rollen in den Schneckengängen der Hülse e entlang, welche dadurch mitsammt der Scheibe D gegen die Achse B, also auch gegen die Scheibe C gedreht wird. Die Grösse des Sektor-Ausschnittes wird also hierdurch verändert und zwar vergrössert oder verkleinert, je nachdem man die Mikrometerschraube F in der einen oder in der anderen Richtung bewegt. Man erkennt leicht, dass sich hierin gar nichts ändert, wenn die Achse B rotirt. Man kann also auch während beliebig schneller Rotation die Grösse des Sektor-Ausschnittes durch die Mikrometerschraube F verändern. Die Einrichtung funktionirt sehr gut, leider ist aber durch die Mikrometerschraube sowie dadurch, dass die Rollen etwas Spielraum in den Schneckengängen haben, ein ziemlich erheblicher todter Gang vorhanden. Die

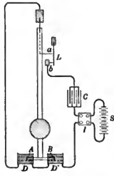
Ablesung der Nonien erfolgt bei ruhendem Sektor. Der ganze ziemlich schwere Apparat ist auf dem eisernen Tisch *I* montirt, welcher mit Hülfe des Rades *K* leicht gehoben oder gesenkt werden kann. Zur Bestimmung der Umdrehungsgeschwindigkeit dient das Zählwerk *H*. Die Genauigkeit und demnach auch der Anwendungsbereich ist ungefähr ebenso gross wie bei der zuerst beschriebenen Einrichtung. Der Apparat hat bei vielen technischen Messungen, namentlich aber als Messvorrichtung des in unserer letzten photometrischen Mittheilung[1]) beschriebenen Spektralphotometers Verwendung[2]) gefunden.

Referate.

Ueber den Antrieb eines Pendels ohne Beeinflussung des Ganges.

Von G. Lippmann. *Compt. rend.* **122.** *S. 104. 1896.*

Ein Pendel erfährt durch den Antrieb, dessen es benöthigt, um nicht zum Stillstand zu kommen, bekanntlich nur dann weder eine Beschleunigung, noch eine Verzögerung in seinem Gange, wenn der Antrieb es in dem Moment des Durchgangs durch seine tiefste Lage trifft. Bei dem vom Verf. konstruirten Apparat ist in der That diese Bedingung erfüllt, weniger jedoch die des freien Schwingens des Pendels, wie sich aus dem Folgenden erkennen lässt.



Das Pendel (s. d. Fig.) trägt an seinem unteren Ende einen permanenten Magneten *AB*, welcher in zwei zu beiden Seiten liegende Drahtspulen *D* und *D'* etwas eintaucht. Durch diese Spulen wird jede Sekunde ein elektrischer Strom geschickt, das eine Mal in der einen, das nächste Mal in der entgegengesetzten Richtung. Befindet sich das Pendel in seiner tiefsten Lage und schwingt nach rechts, so kommt das Drahtende *a* mit der Platinfeder *L*, welche an *b* anliegt, in Kontakt, und es entsteht ein momentaner Stromschluss, worauf die Feder *L* durch *a* sofort von *b* abgehoben wird. Beim Rückgang wird ebenfalls wieder, wenn die Platinfeder bei *a* und *b* anliegt, der Stromschluss erfolgen. Der Strom kommt jedoch nicht direkt von der Batterie *S*, sondern von dem Kondensator *C*, welcher von Sekunde zu Sekunde infolge der bei *I* stattfindenden, vom Verf. nicht näher beschriebenen periodischen Umschaltung abwechselnd positiv und negativ von *S* geladen wird. Es ist also statische Elektrizität, welche sich bei jedem Stromschluss ausgleicht, und wegen der sehr grossen Geschwindigkeit, mit welcher dieser Ausgleich erfolgt, tritt auch kein Oeffnungsfunke auf, denn wenn die Stromleitung nach dem kurzen Schluss unterbrochen wird, haben die Elektrizitäten sich bereits vollständig ausgeglichen.

In den Stromkreis würde man sich das zur Zeitangabe dienende Zeigerwerk eingeschaltet zu denken haben.

Wie Verf. sagt, ist der Gang des Pendels ein regelmässiger gewesen, Zahlenwerthe sind jedoch nicht gegeben. *Kn.*

Ueber die durch Temperaturänderung hervorgebrachten Fehler bei astronomischen Instrumenten.

Von Maurice Hamy. *Compt. rend.* **122.** *S. 658. 1896.*

Verf. hat, veranlasst durch eine den gleichen Gegenstand im Allgemeinen behandelnde Arbeit A. Cornu's, den Einfluss der zur Beleuchtung des Meridianzimmers dienenden Flammen auf das Meridianrohr zu bestimmen gesucht.

[1]) *Diese Zeitschr.* **12.** *S. 132. 1892.*

[2]) Vgl. D. W. Murphy. *Wied. Ann.* **57.** *S. 593. 1896.*

Durch Anwendung der **Fizeau**'schen Methode der Beobachtnng der Interferenzstreifen konnten die geringsten Bewegungen des Meridianrohres an seinem Objektiv- und seinem Okular-Ende konstatirt werden, wenn das Rohr infolge der Nähe einer Wärmequelle sich erwärmte oder nach deren Entfernung wieder abkühlte.

Wenn man eine Flamme rechts oder links neben das Rohr brachte, so änderte sich der Kollimationsfehler um einen Betrag, welcher im umgekehrten quadratischen Verhältniss der Entfernung der Flamme vom Rohre stand. Nach zwei Minuten hatte sich der Kollimationsfehler um die Hälfte dieses Betrages geändert, nach zehn Minnten nahezu um den vollen. Bei einem Abstand von 1 *m* zwischen Flamme und Rohr betrug die Aenderung in 10 Minuten 1",5, 0",5, 0",7, je nachdem die Wärmequelle eine gewöhnliche offene Gasflamme mit einem stündlichen Gasverbrauch von 200 *l* war oder eine Oellampe mit einem stündlichen Verbrauch von 31 *g* oder eine Petroleumlampe mit einem stündlichen Verbrauch von 34 *g*. Befand sich die Gasflamme in einem Glaszylinder, so war die Wirkung eine etwa dreimal so grosse. Analoge Erscheinungen lassen sich bei Erkaltung des Rohres beobachten. Auch die Nähe des Beobachters kann einen Einfluss von mehreren zehntel Sekunden ausüben.

Auf Steinpfeiler wirken Flammen aus einer Entfernung von über 1 *m* nicht merklich, wohl aber im Laufe mehrerer Stunden aus der Entfernung von einigen Zentimeter, wodurch dann Azimut, Neigung und Nadir Aenderungen erleiden.

Ueber den Einfluss der ungleichmässigen Erwärmung eines Theilkreises auf die Ablesung hat Verf. noch keine Versuche angestellt. *Kn.*

Tachymeter mit Celluloïd-Höhenbogen.

Von W. Jordan. *Zeitschr. f. Vermess.* **25.** *S. 14. 1896.*

Der Verf. hat an mehreren Tachymetern versuchsweise Höhenbögen von *grossem* Halbmesser und mit Theilung auf Celluloïd angebracht, um die Nonienablesung am Höhenkreis durch die Lupe mit kleinem Gesichtsfeld entbehrlich zu machen. Der Halbmesser ist so gewählt, dass bei etwa 0,4 *mm* langen Theilen $^1/_{10}$ eines solchen Theiles (nach Schätzung ohne Nonius) 1' liefert. Die Ablesung kann durch eine Lupe mit grossem Gesichtsfeld erleichtert werden. Die Bezifferung des Höhenbogens ist nach Höhenwinkeln mit dem Vorzeichen + und — gemacht. Dass die Ablesung der Höhenwinkel an den gewöhnlichen Tachymetern mit Nonius und enger Lupe an einem verhältnissmässig fein getheilten Kreis unbequem ist (für die gewöhnlichen Zwecke der Tachymetrie, wo man nur auf 1', aber *rasch* ablesen will), weiss Jeder, der mit Tachymetrie zu thun hat, und dies konnten die Befürworter der „Schiebetachymeter" mit Recht gegen die „Kreistachymeter" einwenden; übrigens lässt sich durch Anwendung *grosser* Lupen mit weitem Gesichtsfeld hier schon bedeutende Besserung bringen. Aber auch die Vergrösserung des Halbmessers des Höhenkreises bis zur Möglichkeit des Wegfalls des Nonius, wie sie der Verf. vorschlägt, ist willkommen. Ref. würde nur noch die (schon von Andern getroffene) Einrichtung des Höhenkreises vorziehen, bei der dieser eine gegen den Beobachter gekehrte zylindrische (Stirn-) Theilung vorstellt, sodass man, ohne den Ort des Auges vor dem Okular wesentlich verändern zu müssen, den Höhenwinkel ablesen kann. Die Lesung der horizontalen Richtung (am Horizontalkreis ohne Nonius, wie wohl jeder in der Tachymetrie erfahrene Ingenieur weiss, aber auf freiem Feld nur ausnahmsweise an der Bussole) kann bei der Anwendung des Tachymetertheodolits dem Schreiber, dem man die Ablesungen diktirt und der allenfalls auch gleich die Rechnung besorgt, überlassen bleiben. *Hammer.*

Ueber den Refraktionsfehler beim geometrischen Nivelliren.

Von Chr. Lallemand. *Compt. rend.* **123.** *S. 222 u. 297. 1896.*

Der bekannte Leiter des neuen französischen Fein-Nivellements unterwirft hier den speziellen Fall der terrestrischen Refraktionserscheinungen, der für horizontale und kurze, dem Boden sehr nahe liegende Zielungen, d. h. eben für das geometrische Nivellement,

vorhanden ist, einer eingehenden Analyse. Er findet als Korrektion ε, die dem unmittelbar aus Rückblick h_2 und Vorblick h_1 sich ergebenden Höhenunterschied $D = h_2 - h_1$ zweier Wechselpunkte hinzuzufügen ist, den Ausdruck

$$\varepsilon = -\frac{0{,}00108^{mm}}{p^2} \cdot \frac{B}{0{,}76} \cdot \frac{\mu b}{(1 + \alpha \Theta)^2} \left[D - (h_2 + c)\, l \frac{h_2 + c}{H + c} + (h_1 + c)\, l \frac{h_1 + c}{H + c} \right],$$

worin bedeuten: p den als konstant vorausgesetzten Koëffizienten der Horizontalneigung der nivellirten Linie, B den Luftdruck, $\mu = \log e = 0{,}434$, b und c Konstanten, die für jeden Fall empirisch zu bestimmen wären und in dem nach Marcet anzunehmenden Ausdruck für die Lufttemperatur in der Höhe h über dem Boden, nämlich

$$t = a + b \log (h + c)$$

vorkommen, α den Wärmeausdehnungskoëffizienten der Luft, Θ die mittlere Lufttemperatur und wobei B, D, h_2 und h_1 in Meter zu nehmen sind. Diese Formel wird in der zweiten Mittheilung für verschiedene praktische Fälle diskutirt; es werden graphisch-mechanische Rechenhülfsmittel angegeben und es werden einige allgemeine Schlüsse gezogen, von denen wenigstens Folgendes angeführt sei: der Maximalbetrag des Refraktionsfehlers wächst mit der Länge der Zielweite und rascher als diese; er ist wesentlich unabhängig von der Instrumentenhöhe. Unter gewöhnlichen atmosphärischen Umständen und für Wechselpunktsabstände von 150 *m* (Zielweite 75 *m*) kann der Refraktionsfehler 4 *mm* pro *km* erreichen, also ungefähr das 5- bis 8-fache des zufälligen Messungsfehlers in einem Nivellement I. Ordnung im heutigen Sinn!

Trotz dieses bemerkenswerthen Schlussergebnisses wird die höchst interessante Studie Lallemand's kaum praktische Bedeutung gewinnen können; es wäre denn die, dass man die Zielweiten noch mehr verringert. Die französischen Zielweiten sind ohnehin nach unsern Begriffen noch sehr gross. *Hammer.*

Goodman's Hatchet-Planimeter.

Engineering 62. S. 255. 1896.

Prof. Goodman in Leeds hat das Prytz'sche Stangen- oder Beil-Planimeter (nicht Knudsen's Planimeter, wie es in dem Aufsatz immer noch heisst), das sich wegen seiner Einfachheit, Handlichkeit und Billigkeit mehr und mehr in der Praxis bei weniger genauen Flächenermittelungen einbürgert, mit einigen Abänderungen versehen. Die eine Form seines Instrumentes ist zur einfachen Flächenmessung bestimmt, die andere zum unmittelbaren Ablesen von Mittelordinaten (Mittelhöhen) an Flächenstücken über gegebenem Abszissen-Intervall, wie es bei Indikator-Diagrammen u. s. f. vorkommt, und was Amsler u. A. mit Hülfe anderer Planimeter schon vor Jahrzehnten auszuführen gelehrt haben. Die Stange des ersten Instruments ist mit einer Skale versehen, die in der Flächenformel

$$F = \frac{c_1 + c_2}{2} \cdot l \left[1 - \left(\frac{R}{2l} \right)^2 \right]$$

den in der Klammer stehenden und für viele Zwecke (bei der gewöhnlichen Praxis des Instruments) stets zu vernachlässigenden Faktor einfach zu berücksichtigen gestattet.

Auch mit dieser Verbesserung ist selbstverständlich die Genauigkeit anderer Planimeter, sogar die des einfachen Polarplanimeters, nicht zu erreichen, was aber auch gar nicht Zweck und Nutzen des *Hatchet*-Planimeters ist.

Nicht ohne Interesse sind die Genauigkeits-Zahlen, die Goodman bei Flächenbestimmungen mit verschiedenen einfachen Hülfsmitteln und bei ungeübten Studirenden als Beobachtern erhielt. Nimmt man die mit dem Polarplanimeter bestimmten Flächeninhalte als genau und zwar = 100 an, so war das Ergebniss anderer Flächenermittelungsmethoden das umstehende. Diese Zahlen können aber natürlich nicht für beliebig grosse, sogar (die vier letzten) nicht einmal für beliebig begrenzte gleich grosse Flächen gelten.

Methode:	Ergebniss:
Amsler's Planimeter	100
(Goodman's) Stangenplanimeter	100 ± 0,6
Simpson'sche Regel	100 ± 1,0
Gemittelte Ordinaten („Harfe")	100 ± 2,4
Vergleichung der aus Karton ausgeschnittenen Fläche mit einer bekannten Probefläche aus demselben Material mit Hülfe der Waage	100 ± 4,4
Ausgleichung der Krümmungen des Konturs durch Gerade nach Augenmaass und Berechnung der Fläche aus Dreiecken	100 ± 7,0.

Bei der zweiten Form des Instruments, zur Ablesung von Mittelordinaten, ist der Abstand zwischen Schneide und Fahrstift veränderlich eingerichtet. Bei beiden Formen sichert ein am Schneidenträger angebrachtes Gewicht die Bewegung der Schneide gegen seitliches Gleiten; es fehlt aber die von Andern schon mehrfach angebrachte und vom Ref. hier schon früher erwähnte Vorrichtung gegen grosse Seitenneigung des ganzen Instruments, die für den bequemen Gebrauch ebenso wichtig ist. *Hammer.*

Ueber die Dichten von Sauerstoff und Wasserstoff und über das Verhältniss ihrer Atomgewichte.

Von E. W. Morley. *Zeitschr. f. phys. Chem.* **20.** *S. 68, 242 u. 417. 1896.*

Die Dichte von Sauerstoff und Wasserstoff wurde durch Wägung der Gase in Glasballons grosser Dimensionen ermittelt, wobei bei einem Theil der Versuche eine einfache Vorrichtung zum Vertauschen der Ballons zwischen beiden Seiten der Waage zur Anwendung kam. Zur Bestimmung von Druck und Temperatur des im Ballon eingeschlossenen Gases wurden bei Sauerstoff drei Methoden benutzt. Bei der ersten Reihe wurden Druck und Temperatur mit Quecksilberthermometer und Manobarometer gemessen. Bei der zweiten Reihe wurden Druck und Temperatur nicht für jeden einzelnen Versuch bestimmt, sondern dem Druck und der Temperatur eines Normalvolumens Wasserstoff gleichgemacht und der Vergleich durch ein Differentialmanometer ausgeführt. Bei der dritten Reihe war die Temperatur die des schmelzenden Eises, sodass nur das Manobarometer beobachtet wurde.

Bei der Untersuchung von Wasserstoff trat hierzu noch eine Methode, bei welcher der Wasserstoff nicht in den Ballons gewogen wurde, in denen man sein Volumen, seine Temperatur und den Druck beobachtete, sondern ehe er in dieselben eingeführt wurde. Zu diesem Zwecke wurde eine Röhre, die 600 *g* Palladiumfolie enthielt, mit Wasserstoff beschickt und gewogen. Der Wasserstoff wurde dann aus dieser Röhre in die Ballons, die zuvor entleert und von der Luftpumpe abgeschlossen waren, übergeführt und die Palladiumröhre wieder gewogen. Die Gewichtsdifferenz gab die Masse des in den Ballons enthaltenen Wasserstoffs, in denen sein Volumen und Druck bei der Temperatur des schmelzenden Eises bestimmt wurde.

Als wahrscheinlichste Werthe leitet der Verfasser für die Dichten aus seinen Versuchen ab für

Sauerstoff 1,429 00 ± 0,000 034,
Wasserstoff 0,089 873 ± 0,000 0027.

Die weiteren Untersuchungen des Verfassers ergaben das Atomgewicht des Sauerstoffs gleich 15,879. *Schl.*

Akustische Untersuchungen (Veränderlichkeit des Elastizitätsmodulus mit der Temperatur).

Von Alfred M. Mayer. *Amer. Journ. of Science (4)* **1.** *S. 81. 1896.*

Bei der vielfachen Verwendung von Spiralfedern aus Metall ist es von Interesse, die Veränderlichkeit des Elastizitätskoëffizienten mit der Temperatur zu untersuchen. Es liegen über diesen Gegenstand sehr wenig Arbeiten vor, von denen die von Mayer sich durch

Exaktheit und Neuheit der Methode auszeichnet. Er bestimmt bei verschiedenen Temperaturen die Schwingungszahlen eines transversal schwingenden Stabes aus dem betreffenden Material; werden noch Länge, Dicke und Dichte des Stabes gemessen, so kann man daraus nach einer von Poisson gegebenen Formel den Elastizitätsmodul ausrechnen. Da die Dimensionen und Dichte des Stabes ebenfalls von der Temperatur abhängen, so war zunächst die Messung des Ausdehnungskoëffizienten nothwendig. Zu diesem Zweck wurde der Stab in eine als Temperaturbad dienende Röhre von gleicher Länge gebracht, deren Enden durch Gummischeiben fest abgeschlossen waren. Die Mitte jeder Scheibe, welche mit einem kleinen Loch versehen ist, lehnt sich gegen den Endquerschnitt des Stabes. Durch diese Löcher hindurch kann man die Spitzen zweier Mikrometerschrauben mit den Endquerschnitten des Stabes zur Berührung bringen. Der Augenblick der Berührung wird durch den Ausschlag eines passend geschalteten Galvanometers erkannt. Längen- und Dichtemessungen wurden in gewohnter Weise ausgeführt. Um die Schwingungszahl des Stabes bei verschiedenen Temperaturen zu ermitteln, wurde derselbe in einem Kasten an zwei Fäden aufgehängt und dieser Kasten in einen zweiten als Temperaturbad dienenden eingesetzt. Durch einen auf die Mitte des Stabes fallenden Ball wurde derselbe in Schwingungen versetzt, und die Schwingungszahl des durch einen Kautschukschlauch nach aussen geleiteten Tones mit König's Tonometer gemessen. Untersucht wurden fünf Sorten Stahl, Messing, Glockenmetall, Aluminium, Silber, Zink, Glas von *St. Gobain* bei 0°, 20°, 40°, 60°, 80° und 100°. Es ergab sich, dass die Veränderungen des Elastizitätsmodul im allgemeinen nicht ganz linear mit der Temperatur vor sich gehen und auf 100° Temperaturdifferenz je nach dem Material 1 bis 6 Prozent betragen. Bei Stahl hat ein grosser Kohlegehalt eine geringe Veränderlichkeit der Elastizität zur Folge. Die kleinste Abhängigkeit von der Temperatur zeigt Glas, ein Resultat, das mit den in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt gefundenen Ergebnissen übereinstimmt (vgl. *diese Zeitschr.* ***16.*** *S. 204. 1896*). *E. O.*

Ueber ein neues Audiometer.

Von C. Henry. *Compt. rend.* ***122.*** *S. 1283. 1896.*

Man hat die Empfindlichkeit des Gehörs dadurch zu bestimmen gesucht, dass man die grösste Entfernung ermittelte, in welche man eine Schallquelle von schwacher Intensität bringen muss, um ein Minimum der Empfindung zu erregen. Da diese Methode, namentlich durch Nebengeräusche, zu erheblichen Fehlern Anlass giebt, so konstruirte Henry ein Audiometer, in welchem er durch ein Diaphragma von veränderlicher Oeffnung den Schall schwächt. Er setzt dabei voraus, dass hier, wie in der Optik, das Gesetz von der Proportionalität der Intensität mit der Fläche des Diaphragmas gilt. Das Instrument besteht aus einer kupfernen Röhre, in deren Innerem vom Diaphragma bis zur vorderen Oeffnung sich eine zweite, engere Röhre aus Kartenpapier befindet; der Zwischenraum zwischen beiden Röhren ist mit Watte ausgekleidet. Die Oeffnung des Diaphragmas ist durch eine Schraube verstellbar, an deren Kopf man die Grösse der Oeffnung ablesen kann. Auf der einen Seite endet die Röhre in einen engen Kautschukschlauch, der in das Ohr eingeführt werden kann; das andere Ende ist mit einer doppelwandigen Kautschukhaube bedeckt, in welche man die Schallquelle, z. B. eine Taschenuhr, hineinbringt. Zwischen Schallquelle und Diaphragma kann man Wattepolster und Ebonitscheiben, mit kreisförmigen Oeffnungen verschiedener Grösse, zur Dämpfung des Schalles einführen; eingestellt wird auf das Minimum der Empfindung.

Von den Versuchen, die mit diesem Instrument angestellt worden sind, mag erwähnt werden, dass man mittels desselben sehr leicht die Intensitäten zweier Schallquellen miteinander vergleichen kann. Benutzt man weiter stets dieselbe Schallquelle und schaltet Scheiben von gleicher Dicke, aber aus verschiedenem Material ein, so kann man die Absorptionskoëffizienten für den Schall finden; es sind dies Messungen, die für Architektur und Musikinstrumentenbau nicht ohne Bedeutung sind. *E. O.*

Einrichtung des Kew-Observatoriums für Temperaturmessungen.

Von E. H. Griffiths. *Nature* 53. *S.* 39. *1895.*

Vom Verf. sind in Gemeinschaft mit Callendar sehr umfangreiche Untersuchungen über die Widerstandsänderung von Platindrähten in hohen Temperaturen, bezogen auf die Skale des Luftthermometers, ausgeführt worden. Berichte hierüber finden sich in den Jahrgängen 1887 bis 1891 der *Phil. Trans.* veröffentlicht. Auf Grund dieser Untersuchungen ist für das Observatorium in Kew eine Einrichtung für Temperaturmessungen beschafft worden, bei welcher Widerstandspyrometer als Normalinstrumente benutzt werden. Diese Instrumente zeigen beim Gebrauche eine geringe Veränderlichkeit, welche eine gelegentliche Wiederholung der Fundamentalbestimmung des Temperaturintervalls zwischen 0° und 100° erforderlich macht. Vom Verf. wird diese Veränderlichkeit darauf zurückgeführt, dass die Glimmerplatte, auf welche der Platindraht gewickelt ist, sich beständig verdickt und so den Draht spannt; bisher wurde als Grund dieser Veränderlichkeit vielfach ein Verdampfen des Metalles angenommen. Dass trotzdem genaue Temperaturmessungen mit diesen Widerstandspyrometern möglich sind, beweisen u. a. auch Untersuchungen von Heycock und Neville. Dieselben bestimmten mit 5 verschiedenen Instrumenten dieser Art den Schmelzpunkt des Goldes und erhielten aus sämmtlichen Bestimmungen Werthe, die nur um wenige Zehntelgrade von einander abwichen.

Zur Charakterisirung der Temperaturskale wird angegeben, dass der Siedepunkt des Schwefels unter Normaldruck in derselben bei 444,53 Grad liegt. In der Skale, nach welcher in der Reichsanstalt hochgradige Quecksilberthermometer geprüft werden, liegt dieser Punkt bei 444,5 Grad; die Uebereinstimmung der beiden Skalen in diesen Temperaturen ist also eine vollständige. In höheren Temperaturen besteht eine Abweichung gegen die Skale der Reichsanstalt. Heycock und Neville fanden den Schmelzpunkt des Goldes zu 1062 Grad, während in der Reichsanstalt von Holborn und Wien hierfür 1072 Grad angegeben wurden. Bemerkt mag hier werden, dass von Barus für den gleichen Punkt der Werth 1090° C. ermittelt worden ist, jedoch unter der Annahme, dass der von ihm zur Kalibrirung seines Luftthermometers benutzte Siedepunkt des Schwefels gemäss der Bestimmung Regnault's bei 448 Grad liegt. Hätte derselbe seinen Untersuchungen den Werth 444,5 entsprechend den obigen Skalen zu Grunde gelegt, so würde er den Schmelzpunkt des Goldes nach seinen eigenen Angaben um etwa 20 Grad tiefer, also in sehr naher Uebereinstimmung mit dem Werthe von Holborn und Wien gefunden haben.

Die Platinthermometer sollen in Kew auch für die Prüfung von Quecksilberthermometern verwandt werden. Hierzu macht Verf. in Bezug auf hochgradige Thermometer die Bemerkung, dass man mit Rücksicht auf die in höheren Temperaturen sehr erhebliche Korrektion für den herausragenden Faden die Instrumente beim Gebrauche unter denselben Bedingungen anwenden müsse, unter welchen ihre Prüfung in Kew erfolgt sei. Dieser in vielen Fällen vermuthlich unerfüllbaren Forderung würde man überhoben sein, wenn bei der Prüfung die Korrektion für den herausragenden Faden durch geeignete Fadenthermometer ermittelt würde, wie dies in der Reichsanstalt geschieht.

Als Vergleichsbäder für die Prüfungen sind Metallbäder in Aussicht genommen, deren Oxydation durch besondere Einrichtungen verhindert werden soll. Letzteres wäre zu umgehen, wenn anstatt der Metallbäder Salzbäder verwandt würden, welche vor ersteren überdies noch den Vorzug besitzen, dass die den Instrumenten von den Bädern anhaftenden Verunreinigungen sich durch Wasser leicht entfernen lassen. Auch der in Metallbädern auf die Instrumente wirkende starke Auftrieb fällt bei den Salzbädern fort. *Mk.*

Wärmeleitungsfähigkeit von Zement und andern in der Technik verwandten Substanzen.

Von Ch. Lees und J. D. Chorlton. *Phil. Mag.* (5) 41. *S.* 495. *1896.*

Zur Bestimmung der Wärmeleitungsfähigkeit schlecht leitender Substanzen wurde eine einfache Methode verwandt. Die Körper wurden zwischen zwei Messingplatten von 11,4 *cm*

Durchmesser und 1,3 *cm* Dicke gebracht, welche in ihrer Mitte mit Bohrungen für die Gefässe von Thermometern versehen waren. Die obere Platte trug ein zylindrisches Gefäss, durch welches behufs ihrer Erwärmung auf eine konstante Temperatur Wasserdampf geleitet werden konnte. Sobald dann auch die untere Platte eine konstante Temperatur angenommen hatte, lieferte die Differenz der Angaben der Thermometer in den beiden Platten gegen die Zimmertemperatur die Daten für die Bestimmung der Wärmeleitungsfähigkeit der zu untersuchenden Substanz. Durch einen besonderen Versuch wurde die Grösse der Ausstrahlung der unteren Platte bestimmt und in Rechnung gezogen. Um zwischen der Substanz und den Messingplatten eine hinreichend innige Berührung zu erzielen, wurden die Zwischenräume durch Quecksilber ausgefüllt und die Platten amalgamirt.

Für den Koëffizienten der inneren Wärmeleitungsfähigkeit in absolutem Maasse (d. h. diejenige Wärmemenge in Grammkalorien, welche durch 1 *qcm* des Querschnitts in 1 Sekunde hindurchfliesst, wenn ein um 1 *cm* entfernter Querschnitt gegen den ersteren eine Temperaturdifferenz von 1° C. hat) wurde gefunden für

Schiefer	0,00357	Rindsleder	0,00042	Portlandzement	0,00071
Glas	203	Ziegenleder	15	Gyps	70
Porzellan	248	Kautschuk	61	Gelbes Ziegelmehl	38
Fiber	35	Löschpapier	15	Rothes „	46
Sand	55	Asbestpapier	43	Sägespäne	16_5

Von grossem Einfluss auf die Leitungsfähigkeit zeigte sich der Feuchtigkeitsgehalt der Substanzen. So schwankte der Werth für Gartenerde je nach dem Feuchtigkeitsgrade zwischen 0,00033 und 0,00160, bei Kaliko zwischen 0,00018 und 0,00022. Flanell ergab den Werth 0,00012, Leinen 0,00021 und Seide 0,000095. *Mk.*

Dreitheiliger Halbschatten-Polarisator.

Von F. Lippich. *Sitz.-Ber. d. K. Akad. d. Wiss., Wien. Math.-naturw. Klasse.* ***105.*** *1896.*

Die Einrichtung des Apparates ist bereits in einer vorläufigen Mittheilung in *dieser Zeitschrift* ***14.*** *S. 326. 1894* beschrieben und inzwischen von der Firma Schmidt & Haensch in Berlin bei ihren neuen Saccharimetern mit Keilkompensation eingeführt. Die vorliegende Abhandlung bezweckt, die Ueberlegenheit der neuen Einrichtung gegenüber zweitheiligen Halbschattenpolarisatoren auf Grund theoretischer und experimenteller Untersuchungen darzuthun.

Der Verf. geht zunächst auf die Einstellung bei Halbschattenapparaten ein. Er betont die Wichtigkeit des richtigen Grades der Beschattung; die Helligkeit einer weissen Fläche, die in etwa 2 *m* Entfernung von einer Kerzenflamme beleuchtet wird, erscheint ihm am passendsten. Dann werden verschiedene Methoden der Einstellung einer Kritik unterworfen; nach Verf. verfährt man am besten in der Weise, dass man den Analysator erst rascher, dann immer langsamer und schrittweise in demselben Sinne dreht, um die Gleichheit der Felder zu erreichen. Die schon in der früheren Mittheilung hervorgehobenen Vortheile der neuen Anordnung werden nochmals eingehend erörtert; Verf. macht ausserdem darauf aufmerksam, dass die richtige Augenhaltung kontrolirbar ist. Nachdem dann die Anforderungen an die Ausführung der polarisirenden Theile des Apparats erörtert sind, werden die Versuchsanordnungen für die Genauigkeitsbestimmungen beschrieben und die Resultate der Messungen mitgetheilt. Die theoretischen Betrachtungen werden dadurch bestätigt; das dreitheilige Feld gewährt die doppelte Genauigkeit des zweitheiligen, der wahrscheinliche Fehler des Resultats bei 10 Einstellungen für grosse Werthe des Halbschattenwinkels von 6° hat den geringen Betrag von 2 Sekunden. Die Vergleichung von Beobachtungsserien, und zwar immer einer Serie, bei welcher die Einstellungsrichtung erst nach der halben Zahl aller Einstellungen gewechselt wurde, mit einer, bei welcher die Richtung fortwährend alternirte, ergab gute Uebereinstimmung des Nullpunkts.

Zum Schluss bespricht Verf. die neue Halbschattenvorrichtung von Lummer[1]); er be-

[1]) *Diese Zeitschr.* ***15.*** *S. 293. 1895.*

zweifelt, ob man die Prismen dauernd frei von Spannung halten kann und ob der Silberbelag genügend gleichförmig herzustellen ist; ferner werde durch die elliptische Polarisation die Empfindlichkeit gegenüber einem geradlinig polarisirten Felde bedeutend herabgesetzt. Es schliesst sich dann noch eine Erörterung der Frage an, ob das Gleichheits- oder Kontrastprinzip grössere Genauigkeit gebe; die experimentellen Untersuchungen des Verf. liessen keinen Unterschied erkennen; derselbe erblickt den Grund für die grössere Genauigkeit des Lummer-Brodhun'schen Kontrastphotometers gegenüber dem Gleichheitsphotometer in der besonderen Einrichtung des Gesichtsfeldes. *A. K.*

Ein neuer mikroskopischer Heiztisch mit Selbstregulirung für konstante Temperaturen.

Von W. Behrens. *Zeitschr. f. wissensch. Mikrosk.* **12.** *S. 1. 1895.*

Die nach Angaben des Verf. von R. Winkel in Göttingen konstruirte Vorrichtung dient dazu, mikroskopische Präparate selbstthätig und andauernd auf Temperaturen zwischen 20° und 60° zu halten. Gegenüber früher angegebenen Heiztischen weist der Verf. auf verschiedene Vorzüge seines Apparates hin. Derselbe ist von einfacher Form, unzerbrechlich und leicht abnehmbar. Das Präparat kann leicht und ungehindert bewegt oder festgelegt werden, es kann in feuchter Kammer oder im hängenden Tropfen untersucht werden. Die

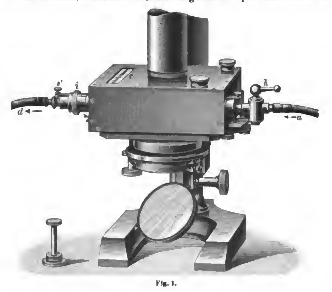


Fig. 1.

Beobachtung des Präparats ist in keiner Weise eingeschränkt, weder hinsichtlich der Verwendung der verschiedenen Objektivtypen (Immersions- und Trockensysteme) noch hinsichtlich der Art der Beleuchtung (mit und ohne Kondensor).

Bei dem neuen Heiztisch (Fig. 1) dient als Heizmaterial Wasser, welches durch einen niedrigen Metallkasten fliesst, der mit zwei kurbelförmigen Klemmen fest auf den Mikroskoptisch aufgeschraubt werden kann. Auf der unteren Seite ist ein rinnenförmiger Hohlraum für den Objektträger freigelassen (die Grösse des letzteren muss übrigens so gewählt sein, dass derselbe seitlich herausragt und so ein bequemes Manipuliren gestattet, bei dem vorliegenden Apparat in den Dimensionen 91 × 104 *mm* empfiehlt sich das Format 120 × 26). Oben befindet sich ein mittleres Loch in dem Kasten, durch welches das Objektiv hineinragt. Seitlich davon kann man durch ein Glasfenster ein die Wassertemperatur anzeigendes Ther-

mometer *t* ablesen. Auf der einen Seite befindet sich das mit Hahn *h* versehene Einflussrohr *a*, auf der anderen das Ausflussrohr *d*.

Für die Erzielung konstanter Temperaturen im Innern des Kastens sorgt eine eigenthümliche Vorrichtung (s. Fig. 2, den Schnitt des Apparates). Das in dem Zylinder *g* eingeschlossene Luftquantum erfährt bei Aenderung der Temperatur des Wassers eine entsprechende Volumänderung. Dadurch wird der Kolben *k* bewegt und die Stellung der Endplatte *p* desselben gegen die Oeffnung des Ausflussrohres *d*, somit auch der Durchfluss des warmen Wassers so regulirt, dass die zugeführte Wärmemenge gerade die durch Ausstrahlung verlorene ersetzt. Um den Thermostaten auf eine gewünschte Temperatur einstellen zu können, ist das Ausflussrohr *d* gegen die Endplatte *p* verschiebbar angeordnet. Die grobe Bewegung ist nach Lüften der Klemmschraube *s'* (Fig. 1) möglich, für die feinere Verstellung dient die mit getheilter Trommel versehene Schraube *i*. Da das Volumen der in dem Zylinder *g* eingeschlossenen Luft von dem auf dem Kolben lastenden Druck, also auch von Barometerstand und Höhe des speisenden Wasserniveaus abhängt, muss eine Aenderung der letzteren Umstände bei gleicher Stellung des Ausflussrohres eine Aenderung der Temperatur des Apparates bewirken. Man kann also nicht an verschiedenen Tagen bei derselben Einstellung dieselbe Temperatur erwarten. Ausserdem hat man für genaue Temperaturregulirung die Höhe des Wasserniveaus während der Beobachtung konstant zu halten, ein Sinken des Niveaus um 1 *cm* hat nämlich eine Temperaturerniedrigung von 0,15° zur Folge.

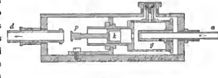


Fig. 2.

Was die Leistungen des Apparats betrifft, so theilt Verf. eine Versuchsreihe mit, bei der in regelmässigen Zeitintervallen die Temperatur am Präparat und im Kasten beobachtet wurde. Die grösste Differenz betrug beim Präparat nur 0,2°, im Kasten 0,3° C. Dabei war die Temperatur im Kasten 3,0° bis 3,1° höher. Diese Temperaturdifferenz ist nicht auffallend, da ja das Präparat nicht im Heiztisch, sondern darunter liegt. Nach Versuchen des Verf. hängt diese Differenz, wenn der gleiche Apparat am gleichen Mikroskop benutzt wird, nur von der Temperatur des Heiztisches ab. Mit Hülfe einer einmal experimentell bestimmten Tabelle kann man also leicht aus der Temperatur des Heiztisches die des Präparats erhalten.

Bezüglich weiterer Einzelheiten, namentlich auch der Handhabung und Reinigung des Apparates, muss auf das Original verwiesen werden. *A. K.*

Beobachtungen über Dispersion und Brechung der Gase.

Von F. Perreau. *Ann. de chim. et de phys.* (7) **7.** *S. 289. 1896.*

Bekanntlich hat Michelson die Länge des Meter in der bei 15° C. und 760 *mm* Druck gemessenen Wellenlänge des rothen Cadmiumlichtes mit einer Genauigkeit von etwa 1/3000000 seines Werthes ausgedrückt. Um die Reduktion auf den leeren Raum ausführen zu können, müsste bei gleichen Genauigkeitsgrenzen der Brechungsexponent der Luft für die betreffende Wellenlänge bis auf die 7. Dezimale bekannt sein, und eine entsprechende Genauigkeit würde gefordert werden für die Kenntniss der Dispersion, wenn man die Beziehung des Meter zu irgend einer anderen Wellenlänge aus den Versuchsergebnissen Michelson's ableiten wollte. Da der Verf. die bisherigen Bestimmungen dieser Grössen, die ja auch noch ein weitergehendes, allgemeines Interesse beanspruchen dürfen, nicht für hinreichend genau hielt, so unternahm er ihre Neubestimmung nach der Interferenzmethode unter Berücksichtigung der weitgehendsten Vorsichtsmaassregeln, und zwar beziehen sich die Versuche auf Luft, Wasserstoff, Kohlenoxyd und Kohlensäure.

Die Versuchsanordnung war folgende: Als Lichtquelle diente elektrisches Bogenlicht, das im Brennpunkte einer Kollimatorlinse stand. Von dem austretenden parallelen Lichte

wurde durch einen etwa 2 *mm* breiten Spalt ein Bündel ausgeschnitten, das unter 45° auf die eine Platte eines Jamin'schen Interferenzrefraktors fiel und hier so weit getrennt wurde, dass die beiden Komponenten zwei dicht neben einander befindliche und fest mit einander verbundene Röhren von 2 *m* Länge durchliefen, welche die zu untersuchenden Gase enthielten. Nach dem Austritt aus den Röhren wurden die beiden Lichtbündel durch die zweite Jamin'sche Platte wieder vereinigt und gelangten in ein Spektroskop, das ein von Interferenzstreifen durchzogenes Spektrum lieferte, wenn das Licht der beiden Strahlenbüschel einen Gangunterschied besass, der theils durch die Stellung der Jamin'schen Platten, theils durch die verschiedenen Dichten bezw. Brechungsquotienten der in den Röhren befindlichen Gase hervorgebracht wurde. Nach Füllung der Röhren mit demselben Gase machte man nun zunächst den Druck in beiden möglichst gleich und drehte die Jamin'schen Platten so, dass der Gangunterschied nahezu Null war; dann traten im Spektrum nur 1 bis 2 Interferenzstreifen auf. Sodann wurde in der einen Röhre ein Ueberdruck p hervorgebracht, der das Auftreten einer grösseren Anzahl von Interferenzstreifen zur Folge hatte; beispielsweise mögen zwischen den Punkten, welche den Wellenlängen λ und λ' entsprechen, nunmehr m Streifen liegen. Liess man nun den Druck in der Röhre wieder abnehmen, so wanderten die Streifen gegen das violette Ende hin und verbreiterten sich, bis der Druck so weit gesunken war, dass wiederum keine Gangdifferenz vorhanden war. Bei noch weiter sinkendem Drucke änderte die Gangdifferenz ihr Vorzeichen und nahm wieder, absolut genommen, zu, die Streifen wanderten im entgegengesetzten Sinne, also nach dem rothen Ende zu und zogen sich dabei zusammen. Hatte das Spektrum ungefähr dasselbe Aussehen gewonnen, wie zu Beginn des Versuchs, so hielt man inne und maass nun mittels eines Differentialmanometers die in beiden Röhren herrschende Druckdifferenz p'; gleichzeitig zählte man die Anzahl m' der Streifen, welche nunmehr zwischen den beiden, den Wellenlängen λ und λ' entsprechenden Stellen des Spektrums lagen (m' nahe gleich m).

Somit hatte eine Druckänderung von $(p + p')$ *mm* für die Wellenlänge λ' eine um $(m + m')$ Wellenlängen grössere Gangdifferenz hervorgebracht als für die Wellenlänge λ.

Bedeuten l die Länge der Röhren, α den Ausdehnungskoëffizient des Gases, A und B die Drucke in den beiden Röhren zu Anfang des Versuchs, n_A und n_B die entsprechenden Brechungsindizes des Gases bei der Temperatur t für die Strahlengattung λ, so ist für die letztere die Gangdifferenz zu Anfang des Versuchs $(n_A - n_B)\, l\,(1 + \alpha t)$, zu Ende des Versuchs $(n_{A'} - n_{B'})\, l\,(1 + \alpha t)$. Die Gangdifferenz hat sich also für die Strahlengattung λ geändert um

$$l\,(1 + \alpha t)\,[(n_A - n_B) - (n_{A'} - n_{B'})] = F.\lambda,$$

wenn man unter F die Anzahl der Streifen versteht, welche bei der betreffenden Druckänderung an dem auf den Punkt λ eingestellten Fadenkreuz des Fernrohres vorbeipassirt sind und abgezählt wurden. Entsprechende Gleichungen ergeben sich für die Wellenlänge λ'.

Nun gilt nach Mascart bei konstanter Temperatur für die Abhängigkeit der Brechung von dem Druck H, unter welchem das Gas steht, die Gleichung $(n - 1) = a H (1 + b H)$, worin a und b Konstanten bedeuten, welche sich aber mit der Temperatur ändern können. Unter Berücksichtigung dieser Beziehung lassen sich nun aus den obigen Formeln die gesuchten Werthe für Brechung und Dispersion berechnen; natürlich muss auf die im Laufe der Beob-

λ	Luft		Wasserstoff		Kohlenoxyd		Kohlensäure	
$\mu\mu$	$n - 1$	$\frac{n' - n}{n - 1}$	$n - 1$	$\frac{n' - n}{n - 1}$	$n - 1$	$\frac{n' - n}{n - 1}$	$n - 1$	$\frac{n' - n}{n - 1}$
643,8		$-$ 0,0029		$-$ 0,0039		$-$ 0,0041		$-$ 0,0034
589,616	$0{,}0_3 2926$	$\pm$ 00	$0{,}0_3 1390$	$\pm$ 00	$0{,}0_3 3342$	$\pm$ 00	$0{,}0_3 4502$	$\pm$ 00
537,8		+ 30		+ 42		+ 45		+ 35
508,5		+ 54		+ 57		+ 79		+ 62
480,0		+ 84		+ 114		+ 121		+ 94
467,7		+ 91		+ 130		+ 137		+ 106

achtungen auftretenden Temperaturschwankungen Rücksicht genommen werden. Als Marken im Spektrum dienten die Cadmiumlinien, sowie die *D*-Linien, deren Wellenlängen von **Rowland** sehr genau bestimmt sind und die durch Einführung des betreffenden Metalls in den Lichtbogen deutlich sichtbar gemacht werden konnten. Auf die Reinheit der dargestellten Gase wurde natürlich besonderer Werth gelegt. Die Versuchsergebnisse des Verf. sind in der vorstehenden Tabelle zusammengestellt.

Aus der Diskussion der Fehlerquellen schliesst der Verf., dass die gewonnenen Werthe für die Dispersion wesentlich genauer sind als die bisher dafür gefundenen, die Werthe für die absolute Brechung der untersuchten Gase aber mindestens ebenso genau als die besten bisherigen Bestimmungen. *Glch.*

Ueber ein vollkommen astatisches Galvanometer von grosser Empfindlichkeit.

Von A. **Broca**. *Compt. rend.* **123.** *S. 101. 1896.*

Nachdem **Ayrton, Mather** und **Sumpner** gezeigt hatten (*Phil. Mag.* (5) **30.** *S. 58. 1890*), welche Bedingungen zu erfüllen seien, um einen hohen Grad von Empfindlichkeit der Galvanometer zu erreichen, sind mannigfache Konstruktionen angegeben worden, bei welchen ein möglichst geringes Trägheitsmoment des beweglichen Systems und ein konstantes, möglichst starkes Moment der einzelnen Magnete des astatischen Systems angestrebt wurde. **Weiss** (*Compt. rend.* **120.** *S. 728. 1895; diese Zeitschr.* **15.** *S. 378. 1895*) suchte dieses Ziel dadurch zu erreichen, dass er sein Magnetsystem aus zwei langen, zur Drehungsachse parallelen Magneten zusammensetzte, sodass sie nahezu einen magnetischen Kreis bildeten. Bei diesem System werden sich aber kleine Störungen des erdmagnetischen Feldes sofort bemerkbar machen, sobald nicht beide Nadeln vollständig einander parallel sind. **Broca** benutzt daher Nadeln, welche an den beiden Enden denselben Pol und in der Mitte einen diesem entgegengesetzten besitzen. Hängt man zwei Nadeln, von denen die eine in der Mitte einen Südpol, die andere einen Nordpol hat, in der von **Weiss** vorgeschlagenen Art auf, so erhält man ein vollständig astatisches System, welches gegen ein gleichförmig veränderliches Feld vollständig unempfindlich ist. Man könnte nun ein derartiges Galvanometer mit ein, zwei oder drei Spulenpaaren versehen; Theorie und Erfahrung zeigen jedoch, dass durch Vermehrung der Spulen die Empfindlichkeit nicht wesentlich gesteigert wird. **Broca** versieht daher sein Instrument nur mit einer die mittleren Magnetpole umhüllenden Spule und erzielt dadurch eine Empfindlichkeit, welche 2 bis 3 mal so gross ist als diejenige des **Weiss**'schen Galvanometers. Erhöhen könnte man die Empfindlichkeit noch dadurch, dass man Magnetsysteme mit mehr als einem Folgepol anwendet; doch tritt hier die Schwierigkeit auf, lange, gerade Nadeln herzustellen, welche bei gleichmässiger Magnetisirung mehrere solcher Pole besitzen. *E. O.*

Neu erschienene Bücher.

Dr. J. Frick's Physikalische Technik. Sechste umgearbeitete und vermehrte Auflage von Dr. **Otto Lehmann**. In 2 Bänden. Bd. 2. gr. 8°. XXIV, 1054 S. m. 1016 Holzst. u. 3 Taf. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn. 20,00 M.

Dieser zweite Theil der Bearbeitung der **Frick**'schen physikalischen Technik ist in Folge der Berücksichtigung der rapiden Entwickelung der Elektrotechnik und der neueren Errungenschaften der Physik zu einem stattlichen Werke angewachsen; er behandelt die Gebiete der Elektrizität und des Magnetismus, der Optik, Wärme und Akustik in vier Kapiteln: „Versuche über Elektrizität, Versuche über strahlende Energie, Versuche zur Lehre von den optischen Instrumenten und den Lichtempfindungen und Versuche zur Lehre von den Tonempfindungen und den Musikinstrumenten".

In den ersten Abschnitten des ersten (des ganzen Werkes vierten) Kapitels werden die üblichen Apparate zur Erzeugung der Reibungselektrizität, die Versuchsanordnungen

zur Demonstration der Ausbreitung und Wirkung derselben, beschrieben; weiter werden die Erzeugung der Elektrizität durch chemische Prozesse und die chemischen Wirkungen des Stromes, die elektrodynamischen und elektromagnetischen Wechselwirkungen behandelt, woran sich die Anwendungen auf elektrische Signalapparate, Elektromotoren, sowie einige wissenschaftliche und technische Messinstrumente anschliessen. Der Abschnitt über Induktion enthält die in den Lehrbüchern üblichen Fundamentalversuche, die verschiedenen Induktionsapparate, deren Konstruktion und Wirkungsweise und zum Schluss werden die typischen Formen der Magneto- und Dynamomaschinen für Gleich-, Wechsel- und Drehstrom beschrieben. Die Versuche über Erzeugung der Wärme durch Elektrizität wurden ergänzt durch das elektrische Schweissverfahren, die Thermoelektrizität durch die Beschreibung der neueren Thermosäule von Gülcher. Während in diesen Abschnitten nur die qualitative Seite der Erscheinungen berücksichtigt wurde, ist der folgende Abschnitt: „Versuche über elektrische und magnetische Grössen" den quantitativen Beziehungen gewidmet. Ganz neu, den Fortschritten der Elektrotechnik entsprechend bearbeitet, bildet dieses Kapitel eine der wichtigsten Erweiterungen und Ergänzungen des Werkes; hier werden die quantitativen Verhältnisse der elektrischen und magnetischen Grössen ergründet und ihre Anwendung in der elektrischen Messtechnik dargelegt. Die theoretischen Ausführungen behandeln in aller Kürze die grundlegenden Begriffe der Kraftlinien, der Kraftfelder, des Potentials, der Arbeit und die Definitionen der Einheiten. Die an entsprechenden Stellen beschriebenen Apparate und Versuche ergänzen die theoretischen Betrachtungen. Die quantitativen Gesetze der Induktion sind auf der Grundlage der Theorie der magnetischen Kraftlinien aufgebaut und durch Beschreibung neuerer Versuche experimentell erläutert, woran sich naturgemäss die Theorie der magnetischen Kreise mit ihrer Anwendung auf den Bau und die Wirkungsweise der Dynamomaschinen, Elektromotoren, sowie die Elemente des Wechselstromes und die Grundprinzipien der Transformatoren anschliessen. Auch einige der interessanten Versuche von Elihu Thomson über die elektro-induktiven Abstossungs-Erscheinungen bei den Wechselströmen haben hier ihre Berücksichtigung gefunden. Unter den „Versuchen über den Durchgang der Elektrizität durch schlechte Leiter" findet man die gebräuchlichsten Anordnungen und Apparate zur Demonstration der Eigenschaften der Tesla'schen Ströme und der Hertz'schen Schwingungen in einer grossen Vollständigkeit beschrieben. Zum Schluss dieses Kapitels sind einige praktische Bemerkungen über elektrische Anlagen für Demonstrationen hinzugefügt. Dieses Kapitel umfasst also im Ganzen die grundlegenden Versuche der Elektrizitätslehre, wobei durch die Wahl der Ergänzungen und Erweiterungen allen Fortschritten dieses Gebietes Rechnung getragen worden ist. Einiges wurde allerdings nach Ansicht des Ref. etwas stiefmütterlich behandelt, wie z. B. die in der letzten Zeit vielfach besprochene experimentelle Theorie des elektroskopischen Zustandes (Potentials) und des Ausgleichs verschiedener Zustände durch Strömung, Versuche, die einen naturgemässen Uebergang von der Reibungselektrizität zum Galvanismus bilden und eine ausgezeichnete Gelegenheit zur Fixirung und Klärung der Begriffe der Spannung, Strömung und dgl. darbieten. Der hübsche Kundt'sche Versuch über die Strömung in Holzstangen, der nur im Nachtrage kurz erwähnt wird, verdient wohl in etwas vollständigerer Form unter den Hauptversuchen zu figuriren; auch die hydrodynamischen Analogien hätten etwas mehr hervorgehoben werden können. In dem Abschnitt über Magnetismus vermisst man die Berücksichtigung einiger grundlegenden Versuche und Apparate, wie dieselben in dem klassischen Werke von Ewing[1]) beschrieben werden; wir erwähnen nur das aus kleinen Magnetnadeln hergestellte Modell eines Stückes Eisen, an dem sich die Erscheinungen der Remanenz, Koërzitivkraft, die Form der Magnetisirungskurve (Hysteresis) u. s. w. anschaulich demonstriren lassen. Auch einige Andeutungen über das experimentelle Entwerfen der Hysteresis-Kurve hätten hier Platz finden können. Ein zu grosses Anwachsen des Umfanges des Werkes in Folge der Berücksichtigung dieses

[1]) Magnetische Induktion in Eisen und verwandten Metallen. Deutsch von Dr. L. Holborn und Dr. St. Lindeck. Berlin, Julius Springer. 1892.

Materials konnte dadurch vermieden werden, dass einige Gegenstände zum Theil ganz weggelassen, zum Theil kürzer behandelt werden konnten, z. B. die Beschreibung einer Maschine zum Ueberspinnen von Drähten, die Konstruktion und Verwendbarkeit der gangbaren Stromschlüssel u. s. w. Vielleicht liess sich auch die Beschreibung der Elektromotoren, von denen einige nur historisches Interesse haben, kürzer halten.

Die Wahl des den mathematischen Beziehungen in dem Abschnitt über elektrische und magnetische Grössen zu Grunde liegenden Maasssystemes (Kilogrammgewicht, Meter, Sekunde) können wir nicht billigen. Der Grund, dass „die Behandlung des Stoffes unter Beiziehung des wissenschaftlichen Maasssystems derart komplizirt werde, dass sie sich für den elementaren Unterricht nicht mehr eigne“, ist nach Erfahrungen des Ref. nicht stichhaltig und die Entscheidung nach dem Maassstabe der Einfachheit der Formeln würde wohl mehr zu Gunsten des C.G.S.-Systems ausfallen. Wesentlich ist wohl auch noch der Umstand, dass die Formeln bei der Benutzung des Kg.-Meter-Sekunde-Systems in einem Gewande erscheinen, welches von dem üblichen verschieden ist, was man besonders bei der Kraftlinienzahl und allen diese Zahl enthaltenden Beziehungen, wie der elektromotorischen Kraft, der Induktion u. dgl. merkt. Bei dem nicht nur in der wissenschaftlichen, sondern auch praktischen Elektrotechnik allgemein adoptirten Gebrauch des C. G. S.-Systems ist die Einführung eines anderen Systems wohl als Rückschritt zu betrachten, der leicht Unklarheiten, Unbequemlichkeit und Verwirrung in die quantitativen Beziehungen hineinführen kann.

Das folgende, fünfte Kapitel „Versuche über strahlende Energie“ behandelt die Versuche über Erzeugung, Wirkung, Fortpflanzung, Interferenz, doppelte Brechung und Polarisation der Strahlen der elektrischen Kraft, des Lichtes und der Wärme in einer Paralleistellung, wie sich dieselbe aus der Verwandtschaft der Erscheinungen ergiebt; die Versuche und Demonstrationen analoger Erscheinungen der drei Strahlensorten sind nebeneinander gruppirt. Wie im ersten Kapitel war der Herausgeber auch hier bemüht gewesen, alle Gebiete, soweit dieselben Vorlesungsexperimente betreffen, zu berücksichtigen und dem Niveau der neueren Forschung und Experimentirkunst entsprechend darzustellen. Es sei noch bemerkt, dass bei der Beschreibung der Art und Weise, die Erscheinungen zu demonstriren, die objektiven Demonstrationsmethoden besonders hervorgehoben werden. Dem entsprechend bietet das Buch dem Leser eine reiche Sammlung der verschiedenen Projektions-Apparate und Projektions-Anordnungen dar. Unter den „Versuchen zur Lehre von den optischen Instrumenten und den Lichtempfindungen“ findet man ältere und neuere Versuche über das Sehen, die zum Theil eine Ergänzung der betreffenden Theile des vorangehenden Kapitels bilden, Versuche über optische Täuschungen, die optischen Beobachtungs- und Demonstrationsapparate von dem einfachsten Winkelspiegel bis zu den komplizirteren Formen des Mikroskops, wobei die neueren Konstruktionen in vollem Maasse berücksichtigt wurden. Das letzte Kapitel behandelt die „Versuche zur Lehre von den Tonempfindungen und den Musikinstrumenten“ in einer dem augenblicklichen Stand dieses Gebietes entsprechenden Weise. Den Schluss des Werkes bildet ein Nachtrag, der das seit dem Erscheinen des ersten Bandes und während des Druckes des zweiten Bandes neu hinzugekommene Material enthält und eine sehr werthvolle Ergänzung des gesammten Werkes bildet.

Diese reiche und sorgfältige, auf allen Gebieten den Fortschritten der Forschung und Experimentirtechnik entsprechende Zusammenstellung von Versuchen und Beschreibungen von Apparaten stellt eine sehr willkommene Ergänzung der Literatur der physikalischen Experimentirkunst dar. Durch diese Umarbeitung eines Werkes, welches längere Zeit bei uns die einzige Stütze des Lehrers der Physik bildete, hat sich der Herausgeber das Verdienst erworben, das alte, sehr beliebte Buch wiederbelebt und in ein Gewand gebracht zu haben, das den neueren Fortschritten entspricht, den Lehrern der Physik ein Buch geschenkt zu haben, welches wohl geeignet ist, als Richtschnur im erfolgreichen Experimentiren zu dienen, und das eine Quelle der Anregung darbietet, den Experimentirvortrag zu einem der Physik würdigen „Kunstwerk“ auszuarbeiten. *Sz.*

Beiträge zur Dioptrik, II. Heft[1]. Von A. Kerber. 8°. 16 S. Leipzig, G. Fock, 1896.

Das vorliegende Heft handelt von der Durchrechnung windschiefer Strahlen, und zwar enthält der erste Abschnitt die Brechung eines zur Achse *beliebig* windschiefen Strahles durch eine Kugelfläche in einer recht eleganten Ableitung. Der Spezialfall der Planfläche ist ebenfalls untersucht und auch Anweisung zur genauen trigonometrischen Durchrechnung eines beliebig windschiefen Strahls durch ein System von Flächen gegeben.

Der zweite Abschnitt bringt die Abweichungen windschiefer Strahlen, ausgedrückt durch die Elemente zweier bestimmter, durch L. Seidel eingeführter, axonomer Strahlen. Es werden so für *schwach* windschief geneigte Strahlen (solche, bei denen die Abweichungswinkel λ so klein sind, dass für $\sin\lambda$ und $\operatorname{tg}\lambda$ einfach λ gesetzt werden kann) Längen-, Seiten- und Vertikal-Abweichung durch die Elemente der oben erwähnten beiden axonomen Strahlen ausgedrückt.

Zum Schluss werden die Resultate einer Entwicklung der Seiten- und Vertikalabweichung eines schwach windschief geneigten Strahls vom Hauptstrahl für ein *System von Linsen* mitgetheilt und zwar in einer für die Korrektur optischer Systeme geeigneten Form.

A. K.

W. F. Wislicenus, Abriss der Astrophotometrie und Astrospektroskopie. (Aus: „Handwörterbuch der Astronomie“). Breslau 1896. gr. 8°. III, 126 S. m. 1 Tafel u. 24 Holzschnitten. 5,00 M.

W. Ligowski, Sammlung fünfstelliger logarithmischer, trigonometrischer u. nautischer Tafeln nebst Erklärungen u. Formeln der Astronomie. (Nautische Tafeln.) 3. Aufl. gr. 8°. XXIII, 252 S. Kiel, Universitätsbuchhandlung. 7,00 M.; geb. in Leinw. 8,00 M.

J. Pernet, Thermometrie. (Aus: „Handbuch d. Physik“.) Breslau 1896. gr. 8°. 40 S. mit 4 Holzschnitten. 2,00 M.

S. F. Glinka, Lehrbuch der Krystallographie. St. Petersburg 1895. gr. 8°. 236 S. m. 435 Fig. Russisch. 6,00 M.

S. P. Thompson, Die dynamoelektr. Maschinen. 5. Aufl. 5. Hft. Halle, Knapp. 2,00 M.

O. Canter, Die Technik des Fernsprechwesens in der deutschen Reichs-Post- u. Telegraphen-Verwaltung. 2. Aufl. gr. 8°. XII, 158 S. m. 119 Abbildgn. Breslau, J. U. Kern's Verl. Geb. in Leinw. 4,50 M.

C. L. Weber, Erläuterungen zu den Sicherheits-Vorschriften des Verbandes deutscher Elektrotechniker. 8°. IV, 75 S. mit Fig. Berlin, J. Springer. — München, R. Oidenbourg. Kart. 1,40 M.

Weissbach's Ingenieur. Sammlung von Tafeln, Formeln und Regeln der Arithmetik, der theoret. u. prakt. Geometrie sowie der Mechanik und des Ingenieurwesens. 7. Aufl. v. Geh. Reg.-R. Prof. Dr. F. Reuleaux. Schmal 8°. XX, 1058 S. m. 746 Holzst. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn. 10,00 M.; geb. 12,00 M.

Verhandlungen der 11. allgemeinen Konferenz d. internationalen Erdmessung u. deren permanenten Kommission. Red. v. A. Hirsch, hrsg. v. der permanenten Kommission der internationalen Erdmessung. I. Thl.: Sitzungsberichte. II. Thl.: Spezialberichte über die Fortschritte der Erdmessung und Landesberichte über die Arbeiten in den einzelnen Staaten. (Deutsch u. Französisch) gr. 4°. 309 u. 315, XXIII, 19, 9, 5, 9, 20, 34, 30, 5, 32, 11, 7, 10, 52, 10, 23, 6, 8, 15, 3, 6 u. II S. m. Fig. u. 16 z. Thl. farbigen Karten u. Taf. Berlin, G. Reimer in Komm. 12,00 M.

A. Voller, Mittheilungen über einige im physikalischen Staats-Laboratorium ausgeführte Versuche mit Röntgenstrahlen. (Aus: „Jahrb. d. hamburg. wissenschaftl. Anstalten“.) Lex.-8°. 17 S. m. 7 Lichtdr.-Taf. Hamburg, L. Gräfe & Sillem in Komm. 3,00 M.

[1]) Betreffs des I. Heftes vgl. *diese Zeitschr. 15. S. 454. 1895.*

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Redaktionskuratorium:

Geh. Reg.-Rath Prof. Dr. **H. Landolt**, Vorsitzender, Prof. Dr. **A. Westphal**, geschäftsführendes Mitglied, Prof. Dr. **E. Abbe**, Dr. **H. Krüss**.

Redaktion: Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XVI. Jahrgang. **November 1896.** Elftes Heft.

Ueber Theilmaschinen der Firma Sommer & Runge.

Von

Dr. **Karl Scheel** in Charlottenburg.

Die Firma Sommer & Runge in Berlin führte auf der diesjährigen Berliner Gewerbeausstellung in der Kollektivausstellung der Deutschen Gesellschaft für Mechanik und Optik eine neue von ihr konstruirte Schraubentheilmaschine vor. Das ausgestellte Exemplar, dessen Schraube eine nutzbare Länge von 1 *m* umfasst, stellt im Wesentlichen die Vergrösserung eines kleineren Modells von etwa 60 *cm* Länge dar, welches bereits in mehreren Exemplaren gebaut wurde und sich aufs beste bewährte. Da diese Maschinen, abgesehen von ihrer sauberen Ausführung, gegenüber bisher bekannten Modellen von Theilmaschinen eine Reihe von Neuerungen und Verbesserungen aufweisen, welche dieselben zu Präzisionsinstrumenten ersten Ranges stempeln, so dürfte eine kurze Besprechung derselben einiges Interesse beanspruchen.

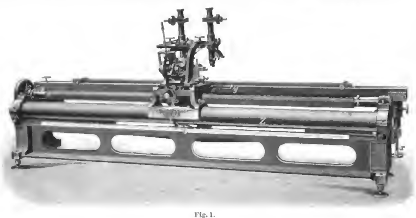


Fig. 1.

In allerneuster Zeit ist die Firma nun noch mit der Herstellung einer dritten, kleinsten Type vorgegangen, deren Konstruktion den grösseren Modellen gegenüber in mancher Hinsicht vereinfacht worden ist. Es erscheint deshalb wünschenswerth, auch die Beschreibung dieser kleinsten Maschine hier mitzutheilen.

Fig. 1 giebt eine Gesammtansicht des grössten Modells der Theilmaschine. Den Unterbau derselben bildet ein viereckiger, gusseiserner Rahmen, welcher zur Verringerung des ohnehin beträchtlichen Gewichtes soweit durchbrochen ist, wie es ohne Schädigung der Stabilität geschehen konnte; getragen wird dieser Rahmen durch

vier Stellschrauben, welche ein genaues Ansnivelliren gestatten. Auf diesem Unterbau bewegt sich der das Reisserwerk und die Beobachtungsmikroskope tragende Schlitten Q; er gleitet dabei einerseits mit einer passend ausgearbeiteten Höhlung auf dem gut abgeschliffenen Zylinder Z von 60 *mm* Durchmesser, welcher zur Verhinderung von Spannungen nur einseitig festgeklemmt wird, während er sich nach der anderen Seite beliebig verkürzen und verlängern kann. Der Zylinder kann durch drei Druckschrauben auf jeder Seite horizontal gerichtet werden; eine bei der grossen Länge unvermeidliche Durchbiegung wird durch eine in der Mitte befindliche Druckschraube i beseitigt.

Den zweiten Stützpunkt für den Schlitten liefert eine an den gusseisernen Unterbau angeschliffene horizontale Gleitschiene; auf ihr bewegt sich eine am Schlitten festsitzende Rolle, sodass dem Schlitten auch senkrecht zu seiner Fortbewegungsrichtung eine zwangsfreie Führung gewährleistet ist. Im Schwerpunkte des beweglichen Systems greift die 30 *mm* starke Schraube an. Sie ist auf der Seite der getheilten Trommel (links in der Figur) in einer zylinderförmigen Bohrung in dem gusseisernen Unterbau selbst gelagert; ihr anderes Ende bewegt sich in der Büchse b, die ihrerseits ebenfalls am Untergestell festsitzt, und welche eine Spiralfeder enthält, um die Schraube stets mit gleichem Druck nach der Seite der Trommel zu schieben und ihr dadurch eine unveränderliche Lage zu sichern. Die Schraube ist demnach weder in ihrer Lage zum Unterbau, noch zur Bewegungsrichtung des Schlittens justirbar, auch sind keine Vorrichtungen angebracht, welche ein Durchbiegen und Schlagen derselben verhindern. Alle derartigen Einflüsse werden vielmehr durch eine gänzlich zwangfreie Lagerung der Schraubenmutter unschädlich gemacht. Zu diesem Behufe ist die Schraubenmutter, wie es in Fig. 2a besonders dargestellt ist, in den beiden zylindrischen Achsen u in einem kleinen Rahmen r gelagert, sodass sie sich frei horizontal, senkrecht zur Schraube, bewegen und ausserdem um diese horizontale zur Schraube senkrechte Achse drehen kann. Die letzte Möglichkeit eines Zwanges zwischen Schraube und Mutter ist dadurch vermieden, dass das eben genannte Rähmchen r in den Spitzen w gelagert ist, sodass die Mutter auch in der Richtung von oben nach unten kleine Lagenänderungen ausführen kann.

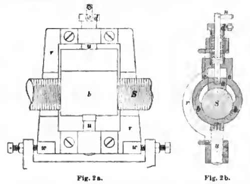


Fig. 2a. Fig. 2b.

Um die Möglichkeit zu haben, den Schlitten schnell von einem Ende der Theilmaschine zum anderen ohne Zuhülfenahme der Schraube zu verschieben, ist eine Einrichtung getroffen, die Mutter ausser Berührung mit der Schraube zu bringen. Die Mutter kann deswegen nicht aus einem Stück bestehen, sie setzt sich vielmehr, wie es aus Fig. 2b, die die Mutter im Vertikalschnitt darstellt, ersichtlich ist, aus zwei Theilen a und b zusammen; b sitzt dabei an einem Bügel cc, welcher a umspannt. Zwischen a und dem Bügel bei d ist eine Spiralfeder eingeschaltet, welche, sich selbst überlassen, a und d auseinanderdrückt und somit a und b zusammen gegen die Schraube presst. Zum Oeffnen der Mutter dient ein Keil in Form einer im Kreise angeordneten schiefen Ebene, den man mit Hülfe der Stellstangen y (Fig. 1) zwischen

d (Fig. 2b) und der mit *a* fest verbundenen Nase *n* einschieben kann. Damit sich hierbei nicht die Mutter als Ganzes im Rähmchen wieder bis zum Eingreifen der oberen Hälfte in die Schraube senkt, ist die Schraubenmutter mittels eines Hakens an der Verbindungsachse zwischen Schlitten und Laufrad aufgehängt.

Die Schrauben aller grösseren von Sommer & Runge hergestellten Theilmaschinen sind in der Werkstatt von G. Kärger in Berlin geschnitten und von der ersteren Firma geschliffen worden. Welche Genauigkeit hierbei erreicht ist, wird am Schlusse dieser Mittheilung noch näher besprochen werden. Die Ganghöhe der Schrauben beträgt etwa 1 *mm*; die Trommel ist in 100 Theile getheilt; es können somit durch eine Schätzung auf Zehntel des Intervalles bei Kenntniss der Schraubenfehler noch 0,001 *mm*, d. h. einzelne Mikron abgelesen und eingestellt werden.

Oberhalb der Schraube ist allseitig justirbar der Tisch der Theilmaschine angeordnet, welcher seiner Bestimmung gemäss, den zu theilenden bezw. zu untersuchenden Maassstab aufzunehmen, mit verstellbaren Anschlagstiften versehen ist. Der Tisch ruht beiderseits auf zu seiner Richtung senkrechten Walzen, und zwar liegt er auf der linksseitigen Walze mittels einer eingearbeiteten Höhlung fest auf, während er, um Spannungen zu vermeiden, die rechtsseitige Walze nur in einer Linie berührt. Die Vertikalverstellung der Walzen geschieht durch Schrauben *x*. Auf dem Tische befindet sich eine Hülfstheilung, die in Verbindung mit einem am Schlitten angebrachten Index den Ort der Schraube in ganzen Umgängen abzulesen gestattet. Bei einigen Maschinen, so auch bei der auf der Ausstellung vorgeführten, befindet sich die Hülfstheilung direkt am gusseisernen Unterbau.

Auf dem Schlitten erheben sich sowohl das Reisserwerk als auch die Beobachtungsmikroskope, die ihrerseits wiederum die zur Beleuchtung der Striche dienenden elektrischen Glühlämpchen tragen. Während bei dem unten zu besprechenden kleinen Modell Reisserwerk und Mikroskop fest verbunden sind, lässt sich bei der grossen Type das Reisserwerk herausziehen, sodass die Theilmaschine dann lediglich als Komparator zu verwenden ist.

Das Reisserwerk der grossen Theilmaschine, welches mit ganz geringfügigen Abänderungen auch beim mittleren Modell zur Verwendung kommt, ist in Fig. 3 im Querschnitt besonders dargestellt. Als Ganzes gleitet es mit der Schiene *aa*, auf welche es von unten her festgeschraubt ist, in einem Lager senkrecht zum Schlitten der Theilmaschine und kann entweder grob mit der Hand, oder nach Anziehen von *k* mittels der Schraube *Z* (*z* in Fig. 1) fein verschoben werden. In der definitiven Stellung wird das Reisserwerk durch Festklemmen der federnden Lager fixirt.

Die Grundplatte *gg* des Reisserwerkes setzt sich (nach rechts in der Figur) in die senkrechten Ansätze *b* fort, in welchen in Spitzen in *l* ein Rahmen *mn* leicht drehbar gelagert ist. In diesem Rahmen bewegt sich in *p*, gleichfalls in Spitzen, ein horizontal orientirter zweiter Rahmen *c*, der nach aussen hin spitz ausläuft und hier im Stichelhause den mittels einer Schraube festklemmbaren Stichel *S* trägt. Mit dem Rahmen *c* ist durch ein senkrechtes Zwischenstück eine horizontale Stange *e* fest verbunden, die auf ihrer ganzen Länge frei, nur in dem um *B* drehbaren Schlitze *h* eine Zwangsbewegung vollführt; die Tiefe, bis zu welcher der Stichel sich senken kann, ist durch eine in dem Schlitz von oben auf *d* stossende Anschlagschraube begrenzt.

Die Horizontalbewegung des Stichels findet als einfache Parallelverschiebung durch gleichzeitige Inanspruchnahme der Lager *l* und *p* statt. Die Grösse der Verschiebung und damit die Länge der zu ziehenden Striche ist einerseits durch die Grösse der Bewegung eines Schlittens *f* bedingt, mit dem der Rahmen *mn* durch einen

um q drehbaren Hebel unter Zwischenschaltung der Gelenke rrr verbunden ist, andererseits durch die Lage des Drehpunktes q des Hebels, welcher durch eine Vertikalschraube E über die Länge des im Hebel befindlichen Schlitzes verschiebbar ist; und zwar bewirkt eine Verschiebung von q nach aufwärts oder abwärts eine Verkürzung bezw. Verlängerung sämmtlicher Striche ohne Rücksicht auf die Bewegungsfreiheit des Schlittens f. Die Einschaltung dieses Schlittens f dient lediglich zur Fixirung der relativen Länge der Striche, d. h. man ist unter Mitwirkung desselben im Stande, Theilungen derartig anzuordnen, dass jeder fünfte Strich länger als die übrigen, jeder zehnte Strich wieder länger als die Fünferstriche wird u. s. f. Man erreicht diesen Zweck dadurch, dass die mit dem Schlitten f beiderseits fest verbundenen Schraubenpaare ss beim Hin- und Hergehen auf zwei auf gemeinsamer, festliegender Achse t aufsitzende Scheiben auftreffen, deren grössere, wie es Fig. 3 zeigt,

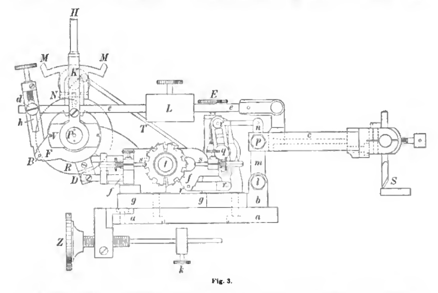


Fig. 3.

eine grössere Zahl von Ausschnitten trägt. Je nachdem die Schrauben nun auf einen flacheren oder tieferen Einschnitt der Scheibe auftreffen, wird der gezogene Strich kürzer oder länger erscheinen. Den Längenunterschied zwischen den verschiedenen Arten von Strichen kann man demnach durch gleichzeitige Regulirung beider Schraubenpaare beliebig gestalten. Dabei ist klar, dass man durch verschiedene Einstellung des linken und rechten Schraubenpaares auch zur Strichmitte unsymmetrische Längenunterschiede der Striche herstellen kann, beispielsweise erreichen kann, dass die längeren Striche nur einseitig verlängert werden. Uebrigens ist die grössere ausgeschnittene Scheibe leicht gegen eine anders gestaltete auswechselbar, sodass die verschiedensten Strichkombinationen möglich werden. Die Drehung der Scheibe um die Grösse eines Ausschnittes nach jedem gezogenen Striche geschieht automatisch; zu diesem Zwecke sitzt auf derselben Achse eine in der Figur gleichfalls sichtbare Zahnscheibe auf, in welche eine mit Widerhaken versehene Stange T, der Transporteur, eingreift. Bewegt sich dieser Transporteur (in der Figur) nach links, so dreht er die Zahnscheibe um einen Zahn und schaltet dadurch ein folgendes

Ausschnittpaar der auswechselbaren Scheibe in den Wirkungsbereich des Schlittens *f* ein; die Bewegung des Transporteurs nach rechts lässt den Widerhaken über die Zahnscheibe gleiten und in einen folgenden Zahn eingreifen.

Der Betrieb des ganzen Reisserwerkes geschieht einzig und allein durch Bewegung des in der Form eines rechteckigen Rahmens angeordneten Handgriffes *H* zwischen den Anschlägen *M M*. Um das zu erreichen, sind auf der Drehungsachse *P* von *H* zwei Scheiben *F* und *R* auf Kegelflächen derart aufgeschoben, dass die Spannung einer Blattfeder *V* genügt, um die drehende Bewegung von *H* durch Reibung auf beide Scheiben *F* und *R* zu übertragen. Von diesen beiden Scheiben dient die eine *F* der Vertikalbewegung des Stichels; denn indem ein in *H* eingeschraubter Stift abwechselnd gegen den linken und rechten Anschlag der Scheibe *F* drückt, nimmt er diese Scheibe bei der Drehung abwechselnd nach beiden Seiten ein wenig mit. Er veranlasst dadurch ein abwechselndes Heben und Senken des in dem Ansatze der Scheibe befindlichen Gelenkes *B* und damit abwechselnd ein Senken des Stichels durch sein eigenes Gewicht[1]) und ein Heben desselben durch die in *h* hineinreichende Anschlagschraube.

Die Scheibe *R* ist andererseits mittels des angeschraubten Ansatzes *D* unter Zwischenschaltung eines Gelenkes mit dem Schlitten *f* verbunden und bewirkt dessen Hin- und Hergehen innerhalb der ihm durch die Anschlagschrauben *s* und der Scheiben *t* gelassenen Grenzen.

Fassen wir demnach das Gesagte zusammen, so wird bei einer Drehung des Griffes *H* aus der äussersten Stellung links in die äusserste Lage rechts zunächst der abgehobene Stichel von links nach rechts transportirt, dann, sobald der Stift in *H* an seinen rechtsseitigen Anschlag von *F* anstösst, der Stichel auf die zu theilende Fläche gesenkt. Bei der Rückbewegung des Griffes *H* von rechts nach links wird dann der Strich gezogen, indem sich auch der Stichel von rechts nach links bewegt; diese Bewegung ist beendet, sobald der linksseitige Anschlag der Scheibe *F* berührt wird und die Schraube *d* in Funktion tritt, weil in diesem Augenblicke der Stichel von der Theilung abgehoben wird. Voraussetzung ist hierbei, wie ohne weiteres klar, eine gute gegenseitige Justirung der verschiedenen Anschläge des Schlittens *f* und der Stellschraube in *h*.

Es bleibt jetzt nur noch die automatische Hin- und Herverschiebung des Transporteurs *T*, welcher die Drehung der ausgeschnittenen Scheibe bei *t* vermittelt, zu erklären. Um eine solche zu erreichen, trägt die Scheibe *R* ausser dem Ansatz *D* in ihrem Scheitel eine Nase *N*, welche in den korrespondirenden Ausschnitt des über *R* gelagerten Kreissegmentes *K* hineinpasst. Führt nun *R* Drehungen abwechselnd nach rechts und links aus, so wird hierbei *K* stets innerhalb der durch die Grösse von *N* gegebenen Dimensionen mitgenommen. Der exzentrisch auf *K* gelagerte Transporteur *T* ist daher im Stande, die von ihm verlangte Bewegung auszuführen.

Wenden wir uns nun zu der kleinen Theilmaschine, deren von Sommer & Runge selbst geschnittene Schraube eine nutzbare Länge von 25 *cm* besitzt, und welche in Fig. 4 in der Gesammtansicht dargestellt ist, so sehen wir im Unterbau gegenüber der schon beschriebenen Maschine keinen wesentlichen Unterschied; nur die gegenseitige Lagerung von Schraube, Zylinder und Gleitfläche — der Zylinder liegt unterhalb der Schraube — ist von derjenigen des grossen Modells verschieden. Dagegen

[1]) Das Gewicht des rechts vom Drehpunkte *p* gelegenen Theiles der Reissvorrichtung kann durch Verschiebung des Laufgewichtes *L* beliebig weit aufgehoben werden.

ist eine wesentliche Vereinfachung des Mechanismus dadurch erreicht, dass die nach allen Richtungen gesicherte Bewegungsfreiheit der Schraubenmutter aufgegeben wurde. Vielmehr ist die Mutter nun mit dem Schlitten fest verbunden, auch kann sie nicht mehr ausser Berührung mit der Schraube gebracht werden.

Diese Vereinfachung erscheint um so weniger bedenklich, als die Schraube bei ihrer nur geringen Länge erhebliche Durchbiegungen nicht mehr befürchten lässt und ja auch mit dieser kleinen Maschine prinzipiell nicht diejenige Präzision angestrebt wird, welche man bei den beiden grösseren Modellen erreichen wollte und auch thatsächlich erreicht hat.

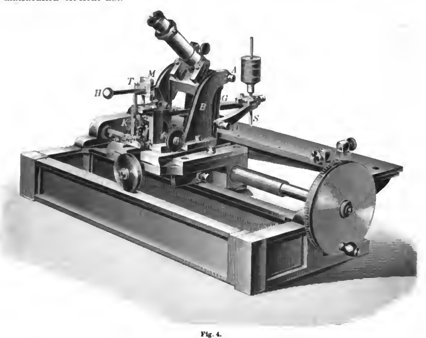


Fig. 4.

Bemerkenswerthe Abweichungen gegenüber der vorherbeschriebenen Theilmaschine zeigt nur das Reisserwerk des kleinen Modelles, und zwar verfolgen diese Abweichungen nicht sowohl den bereits ausgesprochenen Zweck einer wesentlichen Vereinfachung, vielmehr zielen sie gleichzeitig auf eine Verbesserung des älteren Reisserwerkes ab. Es dürfte daher interessant sein, auf das Reisserwerk der kleinen Maschine, welches in Fig. 5 im Querschnitt dargestellt ist, etwas näher einzugehen.

Die eigentliche Reissvorrichtung mit dem Stichel bei *S*, welche durch den Handgriff *H* bedient wird, ist bei *D* in Spitzenlagerung an dem Gehänge *G*, das bei *A* sich gleichfalls in Spitzen bewegt, in dem gusseisernen Bocke *B* aufgehängt. Die Bewegung der Reissvorrichtung, die bei der oben beschriebenen Theilmaschine eine vierfache war (die Stichelspitze beschrieb ein Rechteck), ist bei der vorliegenden Maschine auf eine dreifache reduzirt, indem gleichzeitig mit dem Abheben des Stichels automatisch der Rücktransport auf den Anfang des neuen Striches verbunden ist (die Stichelspitze beschreibt ein rechtwinkliges Dreieck). Diese Vereinfachung kommt

dadurch zu Stande, dass eine an der Reissvorrichtung horizontal befestigte Rolle *R* sich auf die schiefe Ebene *E* auflegt und auf dieser abwärts gleitet. Eine Neigungsänderung dieser schiefen Ebene mittels der Schraube *K* in Verbindnng mit einer möglichen kleinen Verschiebung der Rolle *R* im Schlitze *F* hedingt eine Aenderung in der Gesammtlänge der Striche.

Die Vorrichtung, nm die relative Länge der Striche zn fixiren, ist eine ähnliche, wie bei den grossen Modellen der Theilmaschine. Auch hier setzt die Reissvorrichtung mitteis eines im Gelenk *L* beweglichen Zwischenstückes einen in den Führungsstangen *f* gleitenden Schlitten, welcher beiderseits die Anschlagschranben *s s* trägt, in hin- und hergehende Bewegung. Abweichend von den oben beschriebenen Modellen sind nur statt der einen angeschnittenen Kreisscheihe, die, wenn auch auswechselbar,

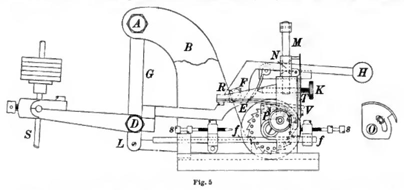


Fig. 5

doch immerhin eine gewisse Beschränkung in der Wahl der relativen Strichlängen einschloss, deren zwei gleichzeitig auf der Achse des Zahnrades angeordnet und dementsprechend auch statt zweier drei Paare Anschlagschrauben (in Fig. 5 sind nur zwei Paare bei *s* sichtbar) vorgesehen. Mit dieser Einrichtung wird es möglich, auch Theilungen, wie sie Fig. 6 zeigt, auszuführen.

Fig. 6.

Die Drehung der Zahnscheibe geschieht bei dem kleinen Modell durch einen senkrecht gelagerten Transporteur *T* (Fig. 4 und 5), welcher mit dem vertikal beweglichen Schlitten *M* fest verbnnden ist, der seinerseits von der Reissvorrichtung beim Auf- und Abwärtsbewegen in *n* (Fig. 4) bezw. *N* (Fig. 5) mitgenommen wird. Der Transporteur schleift dabei auf einem eigenartig geformten Scheibenstück (Fig. 5 rechts), welches in *O* auf der gemeinsamen Achse der Zahnscheibe nnd der angeschnittenen Scheiben aufsitzt und in beliebiger Lage festgeklemmt werden kann. Je nach seiner Stellung beeinflusst es den Transporteur entweder garnicht, alsdann tritt jedesmal eine Drehung der Zahnscheibe nm zwei Zähne ein, oder der Transporteur gleitet ein wenig auf dem Umfange und ruft deshalb eine Verschiebung um nur einen Zahn hervor, oder endlich bei einer dritten Stellung wird der Transporteur ganz abgehoben, d. h. alle gezogenen Striche erhalten dieselbe Länge.

Bemerkenswerth ist ferner noch eine Sperrung, die verhindern soll, dass die Zahnscheibe durch Schlendern um mehr als die gewollte Anzahl Zähne verschoben wird. Zu diesem Zwecke sind auf der Zahnscheibe, senkrecht zu dieser, eine der Anzahl der Zähne gleiche Anzahl von Stiften äquidistant eingesetzt, zwischen welche die an einer Feder sitzende Nase *P* eingreift. Durch einen Vorsprung *V* am Transporteur *T*



wird beim Anheben der Reissvorrichtung die Feder in die Höhe gebogen nnd dadnrch die Nase *P* aus dem Bereiche der Stifte entfernt, sodass die Zahnscheibe sich nngehindert bewegen kann. Der Vorsprung ist dabei so justirt, dass *P* sich gerade dann wieder zwischen die Stifte senkt, wenn die gewollte Bewegung der Zahnscheibe beendigt ist.

Zum Schlusse dieser Beschreibung dürften noch einige Mittheilungen über die Präzision der Schranbe von allgemeinem Interesse sein. Die eingehende Untersnchnng einer solchen ist seitens der Abtheilung I der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt an einer von Sommer & Rnnge angekanften Theilmaschine durchgeführt, welche zu dem älteren, mittelgrossen Typus gehört und eine branchbare Länge von 56 *cm* hat. Die Resnltate dieser Untersnchnng sind in den *Wissenschaftlichen Abhandlungen der Reichsanstalt*[1]) veröffentlicht worden.

„Die *fortschreitenden* Fehler der Schraube wurden znnächst für je 10 Umgänge in der Weise bestimmt, dass man ein durch die Schraube fortbewegtes Mikroskop hinter einander auf die *cm*-Striche eines Meterstabes einstellte, sodann den Stab um 1 *cm* verschob, die Einstellungen wiederholte und so fortfuhr, bis man 10 Reihen bei ebensoviel verschiedenen Lagen des Stabes erhalten hatte. In vier anderen Reihen, von denen man zwei in umgekehrter Drehungsrichtnng ausführte, wnrden nur die *dm*-Striche des Maassstabes eingestellt, die Beobachtungen aber in allen (14) möglichen verschiedenen Lagen des Maassstabes nach seiner Verschiebnng nm je 1 *dm* wiederholt, bis alle 10 *dm*-Intervalle des Maassstabes mit den 5 branchbaren Intervallen von je 100 Umdrehungen auf der Schranbe verglichen waren. Die *periodischen* Fehler wurden in ähnlicher Weise bestimmt, nnter Benutzung einer in 0,9 *mm* getheilten Hülfsskale, die man um je 0,1 *mm* verschob. Aus den an verschiedenen Stellen der Schraube ausgeführten Messnngen ergab sich, dass diese Fehler sich zwar mit der Stelle der Schraube änderten, aber so stetig, dass eine Interpolation für eine beliebige Stelle der Schranbe möglich war.

Vor den Messnngen trug man Sorge, die Oelschicht auf der Schranbe durch Abdrehen derselben möglichst gleichmässig zn vertheilen. Zur Anfstellung der Fehlertafeln dienten nur die Messungen, bei denen die Schraube in der Richtnng der wachsenden Trommelablesungen gedreht war; diese Drehungsrichtung ist auch bei der Theilnng stets zur Anwendung gekommen.

Die zunächst im Mai 1892 ausgeführte Untersuchung wurde im Sommer 1893 vollständig wiederholt. Die aus der späteren Bestimmung abgeleiteten Fehlertafeln unterscheiden sich von den älteren Tafeln nur für den Anfang der Schraube wesentlich (bis zn 5 μ) in der Nähe von 60 bis 70 Umdrehungen."

Fig. 7 nnd 8 enthalten die graphische Darstellung der Sehraubenfehler, wie sie sich aus den am Schlnsse der Abhandlnng gegebenen Tafeln ableiten lassen. Danach erreichen die fortschreitenden Fehler (Fig. 8) zwar in der Mitte der Schraube den

[1]) Thermometrische Arbeiten betreffend die Vergleichungen von Quecksilberthermometern unter einander, ausgeführt von M. Thiesen, K. Scheel, L. Sell; mitgetheilt von M. Thiesen. *2. S. 13. 1895.* Ein Auszug aus dieser Abhandlung findet sich in *dieser Zeitschr. 15. S. 433. 1895.*

An dieser Stelle wird auch auf einen weit verbreiteten Konstrnktionsfehler hingewiesen, den auch die Theilmaschine der Reichsanstalt anfangs zeigte. Dieselbe war nur in drei Punkten unterstützt und erfuhr infolgedessen bei Fortbewegung des Schlittens sehr merkliche Durchbiegungen, welche ein genaues Justiren des Instrumentes unmöglich machten. Nach Vermehrung der Unterstützungspunkte sanken diese Durchbiegungen auf nur eben wahrnehmbare Beträge herab. Eine Unterstützung in drei Punkten ist bei Instrumenten nicht angezeigt, welche wenig den Platz wechseln, und bei denen kleine Formveränderungen stören.

Betrag von 0,057 Umgängen, indessen ist der Verlauf der Fehler ein sehr regelmässiger, sodass eine Interpolation durchaus unbedenklich erscheint. Ausserdem soll die absolute Grösse der Fehler nach Angabe der Firma Sommer & Runge bei ihren neueren Theilmaschinen noch erheblich herabgemindert worden sein.

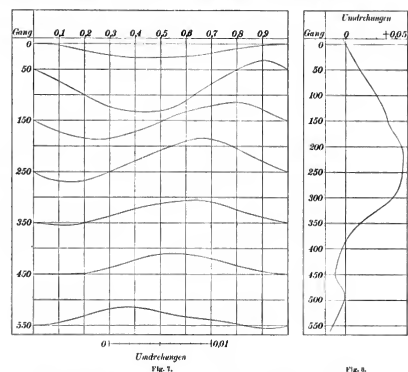


Fig. 7. Fig. 8.

Interessant ist dagegen das Verhalten der periodischen Fehler (Fig. 7), die in der graphischen Darstellung von 50 zu 50 bezw. 100 zu 100 Umgängen angegeben sind. Ihr Betrag ist zwar nur klein (bis 0,004 Umgänge, vgl. den beigefügten Ordinaten-Maassstab), indessen zeigen die Scheitelpunkte der Sinuskurven ein deutliches Wandern aus einem Azimuth der Schraube in den anderen.

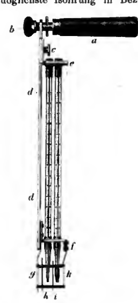
Ein Schleuder-Thermometer und -Psychrometer.

Von

Dr. Schubert.

Die nach meinen Angaben von Herrn Fuess in Steglitz ausgeführte Vorrichtung ist eine Abänderung des gewöhnlichen Schleuder-Thermometers oder -Psychrometers, die eine bequeme Handhabung ermöglichen und hinreichenden Schutz vor Strahlungseinflüssen gewähren soll, sodass das Instrument auch im vollen Sonnenschein benutzt werden kann. Zu dem Zweck sind die Thermometer nicht an einem Faden, sondern an einer Stange befestigt, die vermöge eines Handgriffes um einen Endpunkt

gedreht werden kann. Diese Befestigung gestattet eine bestimmte Haltung zur Sonne und die Anbringung von Strahlungsschirmen bei ungehindertem seitlichen Luftzutritt. Die nebenstehende Figur zeigt ausser dem Handgriff *a*, dessen Achse mit eigenem Gewinde und durch die Gegenschraube *b* fest mit der Stange *d* verbunden ist, zwei Halter *e* und *f* für die Thermometer. Der obere Halter *e*, durch den die Köpfe der Thermometer durchgesteckt sind, ist mit der Schraube *c* an die Stange *d* geschraubt und kann nach Lösung derselben nach oben geschoben werden, sodass die Thermometer bequem abzunehmen sind. Am unteren Ende der Stange *d* und am Halter *f* sitzen vier, unter sich verbundene, längliche, abgerundete, hochglanzpolirte, dünne Nickelbleche *g*, *h*, *i*, *k*, deren Grösse in dieser Reihenfolge abnimmt. Bei den Verbindungen der Bleche unter sich, wie mit *d* und *f*, sowie zwischen *d* und *f* ist für möglichste Isolirung in Bezug auf Wärmeleitung Sorge getragen. Beim Gebrauch



im Sonnenschein ist das Instrument so zu drehen, dass die Achse des Handgriffes *a* gerade in die Sonne zeigt. Dann schützt einmal die Stange *d* den Quecksilberfaden vor direkter Bestrahlung, ferner schützt der Schirm *g* die dahinter liegenden und zwar wegen seiner grösseren Dimensionen auch bei etwas seitlicher Haltung. Die Gefässe der Thermometer sind auf diese Weise durch (mindestens) zwei Bleche, zwischen denen die Luft durchstreicht, vor direkter Sonnenstrahlung und ebenfalls gegen die von der entgegengesetzten Seite vom Körper des Beobachters herkommenden Strahlen geschützt. Sind die Gefässe, wie bei den bisher angefertigten Exemplaren, 32 *cm* von der Achse im Handgriff *a* entfernt, so beschreiben sie bei einer Umdrehung einen Weg von 2 *m*, sodass sich in einer Sekunde mit drei Umdrehungen eine Geschwindigkeit von 6 *m* erzielen lässt. Vielleicht stellt es sich als wünschenswerth heraus, die Stange *d* für den Gebrauch in Gegenden mit sehr intensiver Sonnenstrahlung etwas länger zu nehmen. Soll das Instrument als Psychrometer verwandt werden, so ist das eine Thermometer, zwischen *i* und *k*, mit einer einfachen Lage von ausgekochtem, feinen Battist glatt anschliessend zu umwickeln und vor dem Gebrauch mit einem kleinen Pinsel oder in ähnlicher Weise sorgfältig mit reinem Wasser anzufeuchten.

Bei einigen Vergleichen mit dem Aspirations-Psychrometer von Assmann, die im Sommer 1896 zu Eberswalde theils in vollem Sonnenschein, theils bei bewölktem Himmel vorgenommen wurden, habe ich die folgenden Resultate erhalten. Für das Schleuder-Psychrometer ist die Feuchtigkeit nach den gewöhnlichen Tafeln berechnet. Die Zahlen stellen zum Theil Mittelwerthe aus mehreren Einzelablesungen dar. Es bezeichnet t die Temperatur des trockenen, t_1 die des feuchten Thermometers, a die absolute Feuchtigkeit in *mm*, r die relative in Prozenten, A das Aspirations- und S das Schleuder-Psychrometer.

Die Zahlen ergeben für das Schleuder-Psychrometer eine für die meisten Fälle ohne Weiteres ausreichende Genauigkeit. Um dieselbe, wo es erwünscht scheint, noch zu steigern, könnte man mit Hülfe zahlreicher Vergleichungen die Konstante

der einfachen Psychrometerformel für das Schleuder-Psychrometer ermitteln oder entsprechend der jüngst von Herrn Edelmann[1]) ausgesprochenen Forderung jedes einzelne Psychrometer mit Hülfe genauer Feuchtigkeitsbestimmungen aichen.

1896		Aspirations-Psychrometer		Schleuder-Psychrometer				Differenz: A—S		
Tag	Zeit	t	t_1	t	t_1	a	r	t	a	r
12. Mai	12ʰ 30′ N.	21,9	13,6	21,9	13,9	7,0	36	0,0	0,5	2
28. „	12 45	26,4	18,3	26,6	18,7	11,2	44	—0,2	0,4	1
28. „	12 55	27,8	18,9	27,9	19,4	11,5	41	—0,1	0,3	1
22. Aug.	4 20	16,3	15,3	16,4	15,6	12,7	92	—0,1	—0,2	—2
22. „	4 30	16,2	15,2	16,2	15,3	12,4	90	0,0	0,0	0
27. „	4 22	17,3	11,6	17,4	12,0	7,2	49	—0,1	0,1	1
27. „	4 29	17,2	11,7	17,2	11,9	7,2	49	0,0	0,3	2
29. „	11 10 V.	19,4	13,3	19,3	13,6	8,1	49	0,1	0,2	1
							Mittel:	—0,05	0,20	0,8

Auch einige Versuche im geschlossenen Raume habe ich angestellt, um bei möglichst geringer äusserer Luftbewegung den Einfluss verschiedener Drehungsgeschwindigkeiten festzustellen. Es ergab sich, dass auch bei langsamer Bewegung die gleiche Einstellung des feuchten Thermometers wie bei schneller Drehung in ein bis zwei Minuten erfolgte. Dies spricht dafür, dass der Stand des geschleuderten Psychrometers beim Anwachsen der äusseren Windstärke nicht merklich geändert werden wird. Da das Psychrometer im Zimmer abwechselnd ruhend und nachdem es bewegt war, abgelesen wurde, konnte auch hierbei die grosse Ueberlegenheit eines ventilirten Psychrometers gegenüber einem ruhenden, unventilirten festgestellt werden. Bei einer mit dem Aspirations-Psychrometer bestimmten Luftfeuchtigkeit von 10,3 *mm* oder 56 % ergab das bewegte Schleuderpsychrometer um 0,2 *mm* zu wenig, während das ruhende um 2,4 *mm* zu viel anzeigte.

Ferner wurde ein Versuch im Zimmer der Art vorgenommen, dass zuerst das umwickelte Thermometer wie sonst mit dem Pinsel befeuchtet und bei einer sich sofort anschliessenden Beobachtung abgenommen und ganz in Wasser getaucht wurde. Beide Male stellte sich das Psychrometer genau auf die gleichen Zahlen ein.

Bei Regenwetter tritt natürlich der missliche Umstand hinzu, dass die Thermometer vor Benetzung zu schützen sind, doch dürfte jedenfalls das neue, mit Handgriff und Stange versehene Instrument leichter und mit weniger Gefahr unter einem Schirm gehandhabt werden können, als das an einem Faden schwingende. Uebrigens sind ja Strahlungseinflüsse in solchen Fällen im Allgemeinen wenig zu fürchten.

Für den Gebrauch des Instrumentes wäre noch zu beachten, dass auf Erhaltung der Politur der Schutzbleche und der Stange Bedacht zu nehmen ist, dass das Instrument am besten in einem ungeheizten Raum aufbewahrt wird und vor der Beobachtung möglichst wenig den Sonnenstrahlen oder sonst einem abnormen Temperatureinfluss auszusetzen ist. Auch hat man darauf zu achten, dass die Schrauben fest angezogen sind. Das Schleudern erfolgt bei etwa dreimaliger Umdrehung in der Sekunde ca. 2 Minuten lang. Indem der Beobachter sich beim Drehen vorwärts oder auch seitwärts möglichst dem Winde entgegen bewegt und den Arm abhält, verhindert er eine schädliche Beeinflussung durch den eigenen Körper.

[1]) Psychrometrische Studien und Beiträge. *Meteorol. Zeitschr.* **13.** *S. 325. 1896.*

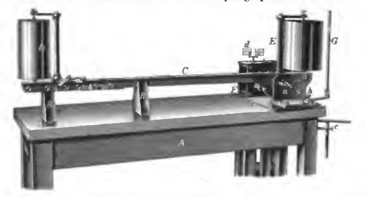
Das Instrument ist als Gebrauchsmuster eingetragen. Es wird von Herrn R. Fuess in Steglitz sowohl als einfaches Thermometer wie als Psychrometer geliefert und zwar mit Thermometern, die in fünftel Grade getheilt sind, oder in billigerer Ausführung mit Ein-Grad-Theilung.

Eberswalde, im Oktober 1896.

Ueber ein neues Kymographion.

Von
Dr. S. S. Epstein in Charlottenburg.

Mit Versuchen beschäftigt, betreffend eine Arbeit über den Einfluss der Farbenempfindung auf Respiration und Zirkulation, musste ich mir sagen, dass hier sehr langsam verlaufende Bewegungen in Frage kommen werden, zu deren Feststellung das gewöhnliche Kymographion von Ludwig nicht ausreicht. Auch das unter dem Namen Hering'sches Kymographion bekannte und von Rothe erbaute Registririnstrument zeigte einige Mängel, insbesondere umständliche Berussung und Fixirung der Schleife, welche mich veranlassten, auch von der Benutzung dieses Instrumentes abzusehen und an die Konstruktion eines neuen Kymographion heranzutreten.



Dank der Munifizenz des Hrn. Geheimraths E. du Bois-Reymond, welcher die erforderlichen Geldmittel aus dem Etat des kgl. physiologischen Institutes bewilligte, wurde ein solches von Herrn Mechaniker E. Zimmermann in Leipzig nach meinen Angaben angefertigt.

Das „Kymographion nach Dr. S. S. Epstein" besteht im Wesentlichen aus folgenden Theilen: Ein schwerer Eichentisch A trägt zwei mit Filz gepolsterte Holzgabeln BB; das eigentliche Instrument befindet sich auf der in BB ruhenden T-förmigen Schiene C; letztere trägt die beiden Registrirtrommeln, wovon die eine D leer mitläuft, während die andere E durch das im Gehäuse F befindliche Gewichtsuhrwerk getrieben wird.

Eine Bewegung des Schlüssels b in der Richtung des Uhrzeigers bewirkt eine Entfernung der beiden Trommeln von einander, wodurch die Möglichkeit gegeben ist, die Papierschleife zu spannen, während sich durch Drehung des zweiten Schlüssels a eine Pressschraube löst, wodurch es möglich wird, die T-förmige Schiene und somit das ganze Instrument in der Vertikalebene um 90 Grad zu drehen und in eine auf-

rechte Lage zu bringen. Wird nun das mit einem Schlitz versehene Rohr c mit der Gasleitung verbunden, so lässt sich die Papierschleife, wenn man das Uhrwerk mit grösster Geschwindigkeit laufen lässt, vermittels der Flamme bequem berussen. Will man, nach beendetem Versuch, die erhaltenen Kurven fixiren, so richtet man das Instrument wieder auf, schiebt das Gasrohr zurück und setzt an dessen Stelle eine Fixirkuvette, durch welche man die Schleife hindurchlaufen lässt.

Die Geschwindigkeit der grossen Registrirtrommel lässt sich in weiteren Grenzen variiren als bei irgend einem anderen der erwähnten Instrumente; das Minimum der Trommelbewegung beträgt 0,5 *mm*, das Maximum 150 *mm* in der Sekunde. Zur Variirung der Geschwindigkeit besitzt man folgende Mittel:

a) Vermehrung oder Verminderung der Gewichte und zwar von 1 bis 9 *kg*;
b) verschiedene Stellung der Windflügel d;
c) Vertauschung der beiden äusseren Räder;
d) Vertauschung der beiden inneren Räder.

Kurz zusammengefasst bestehen die Vorzüge des Instrumentes gegenüber anderen ähnlichen in Folgendem: relativ leichte Belastung, grosse Variationsfähigkeit in der Geschwindigkeit, selbstthätige Berussung und Fixirung, momentane Hemmung und endlich völlig geräuschloser Gang.

Das Panintegrimeter, ein Instrument zum Messen von Kurvenlängen und von Flächen.

Von
Regierungsbaumeister **O. Kohlmorgen** in Berlin.

Praktische Aufgaben, welche die Bestimmung von Umfang und von Inhalt einer ebenen Figur erfordern, haben mir die Anregung zur Konstruktion eines Instrumentes gegeben, welches ich *Panintegrimeter* nenne, und das mir durch Reichspatent Nr. 90 150 geschützt ist.

Als eine der vorerwähnten Aufgaben werde hier die Bestimmung des Profilradius oder der „hydraulischen Tiefe" für Wasserquerschnitte erwähnt.

Das Instrument integrirt mechanisch

$$\int ds \text{ und } \frac{1}{2}\int \varrho^2\, d\varphi$$

zwischen beliebigen Grenzen.

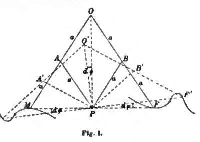


Fig. 1.

A) Das Instrument als *Längenmesser* besteht im Wesentlichen aus der in Fig. 1 schematisch dargestellten Verbindung von 2 Paar je gleich langen Stäben OM und $OF = 2a$ bezw. PA und $PB = a$, welche in den Punkten P, A, O, B scharnierartig mit einander verbunden sind. Punkt P dient als Pol, Punkt F als Fahrpunkt.

Im Punkte M ist eine Rolle angebracht, welche zum Messen der vom Fahrstifte F beschriebenen Weglängen dient, da die freien Endpunkte F und M gleich lange, in ihren Elementen parallel und entgegengesetzt gerichtete Linienzüge beschreiben.

Die mit Zählwerk versehene Messrolle wird in einem Bügel geführt, dessen vertikaler Zapfen sich in M frei dreht. Der Rollenmittelpunkt liegt hinter Punkt M, im Sinne der Rollenbewegung, um ein kleines Maass — die Exzentrizität ε — zurück, und dieses Maass kann durch die mittels Stellschraube hergestellte Verbindung von Bügel mit Bügelzapfen regulirt werden (Fig. 2).

Die Genauigkeit der Messung ist abhängig von der Grösse der Exzentrizität ε und von der Grösse des Kehrwinkels α (Fig. 3).

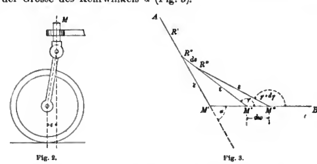


Fig. 2. Fig. 3.

Um ein Bild von der zu erwartenden Genauigkeit zu geben, sollen in Nachstehendem die Beziehungen zwischen Weg des Fahrstiftes w und Weg der Rolle s bei gegebener Exzentrizität ε untersucht werden.

$M'R'$; $M''R''$; $M'''R'''$ seien drei auf einander folgende Stellungen des Punktes M nebst Rolle R; diese Längen sind gleich der Exzentrizität ε.

Es ist angenommen, dass die Punkte M und R auf der Geraden AM' geführt sind und dass M' dann plötzlich um den Kehrwinkel α von AM' in die Richtung $M'B$ abgelenkt werde.

Es ist ersichtlich, dass die Rolle R von R' aus durch die Kurve $R'\,R''\,R'''$ erst asymptotisch in die Richtung $M'B$ übergeführt werden würde.

a) Weglänge s der Messrolle. Nach dem Vorstehenden haben wir für den Uebergang des Punktes M aus M'' nach M''' zu bezeichnen

$$M''M''' = dw,$$
$$R''R''' = ds,$$
$$M''R'' = M'''R''' = \varepsilon,$$
$$ds = \varepsilon - M''R''';$$

$$M''R''' = \frac{\varepsilon}{\sin\varphi}\sin(\varphi + d\varphi);$$

$$ds = \varepsilon\,\frac{[\sin\varphi - \sin(\varphi + d\varphi)]}{\sin\varphi} = -\varepsilon\,\frac{d\sin\varphi}{\sin\varphi};$$

$$s = C - \varepsilon \log\operatorname{nat}\sin\varphi \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

und da für $\varphi = \pi - \alpha$ die Konstante $\varepsilon \log\operatorname{nat}\sin\alpha$ ist, wird

$$s' = \varepsilon \log\operatorname{nat}\frac{\sin\alpha}{\sin\varphi}.$$

b) Für die Weglänge w des Punktes M auf dem Schenkel $M'B$ ergeben sich folgende Beziehungen zu φ und ε.

Nach Fig. 3 ist

$$dw = \frac{\varepsilon\,d\varphi}{\sin\varphi}$$

also

$$w = C' + \varepsilon \int \frac{d\varphi}{\sin\varphi}$$

$$= C' + \varepsilon \log \operatorname{nat} tg \frac{\varphi}{2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

Für $\varphi = \pi - \alpha$ wird $w = 0$; mithin

$$w' = \varepsilon \log \operatorname{nat} \left(tg \frac{\varphi}{2} \cdot tg \frac{\alpha}{2} \right).$$

c) Für den *Unterschied* d zwischen Weg des Fahrstiftes und Weg der Messrolle $d = w - s$ beim Beschreiben eines Winkels folgt aus den Formeln

$$d = \varepsilon \left(\log \operatorname{nat} tg \frac{\varphi}{2} \cdot tg \frac{\alpha}{2} - \log \operatorname{nat} \frac{\sin \alpha}{\sin \varphi} \right)$$

$$= \varepsilon \log \operatorname{nat} \frac{\sin^2 \frac{\varphi}{2}}{\cos^2 \frac{\alpha}{2}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

Ist der Kehrwinkel $\alpha = \pi/2$, so folgt, wenn φ zwischen den Grenzen $\pi/2$ und π genommen wird,

$$d' = \varepsilon \log \operatorname{nat} 2 = 0{,}693\,\varepsilon.$$

Der Werth d wächst mit α, sodass derselbe für $\alpha = 0$ null, und für $\alpha = \pi$ unendlich wird.

Aus dem vorstehenden Abriss einer Theorie der Rollenbewegung in dem Kurvimeter dürfte hervorgehen, dass die Messungsfehler des Instrumentes gering sind, während die Führung desselben sehr bequem ist. Das ausgeführte und dem Patentamt bei der Anmeldung eingereichte Modell giebt recht zufriedenstellende Messungsresultate.

B) Das Instrument als *Flächenmesser.* Abgesehen von der Messung geschlossener Flächen durch Befahren der Gesammtumfänge, welche auch mittels Planimeter ausgeführt werden kann, ermöglicht das Instrument unmittelbar $1/2 \int \rho^2 d\varphi$ und mittelbar $\int y\,dx$ zwischen beliebigen Grenzen zu bestimmen, ohne dasselbe nach den Koordinatenachsen einstellen zu müssen, da die im Nachstehenden bewiesene Beziehung (vgl. Fig. 4) gilt

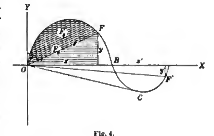


Fig. 4.

$$\int y\,dx = \frac{x\,y}{2} + \frac{1}{2} \int \varrho^2\,d\varphi \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

oder anders geschrieben

$$F_x = \frac{x\,y}{2} + F_\rho.$$

Da

$$y\,dx = d\left[\frac{x\,y}{2}\right] + \frac{1}{2}\varrho^2\,d\varphi,$$

und $\qquad y = \rho \cos\varphi;\; x = \rho \sin\varphi$ ist,

folgt aus der identischen Gleichung $1 = 1$ die Richtigkeit von Formel (4), welche für alle Flächenstücke oberhalb und unterhalb der Abszissenachse gilt, wenn hinsichtlich der Vorzeichen Folgendes beachtet wird:

Fläche F_x gilt als positiv, wenn dieselbe durch Bewegung der positiven Ordinate im positiven Sinne der Abszissenachse entsteht, als negativ, wenn die Erzeugung der Fläche durch die Bewegung der negativen Ordinate im positiven Sinne der Abszissen stattfindet.

Eine Bewegung der Ordinaten im negativen Sinne der Abszissen ist aber für praktische Fälle ausgeschlossen, da die Abszissen alsdann nur in einem und demselben Sinne fortschreiten, z. B. nach der Stationirung für Massenprofile, nach der Zeit für meteorologische und andere Beobachtungen.

F_ρ gilt hier als positiv während der Drehung des Fahrstrahls im Sinne des Uhrzeigers, als negativ für die entgegengesetzte Drehung.

Demnach gilt in Fig. 4, wenn die Kurve von Punkt P bis Punkt F' befahren wird, für die einzelnen Flächenabschnitte:

F_x ist für den Weg des Fahrstiftes von P bis B positiv, für den von B bis F' negativ,

F_ρ für den Weg des Fahrstiftes von P bis C positiv, für den von C bis F' negativ.

Zur Bestimmung von F_x wäre mithin die Kurve von P bis F' zu befahren und dem Resultate das Produkt $x'y'/2$ unter Berücksichtigung der Vorzeichen hinzuzufügen.

Das benutzte Prinzip der mechanischen Messung des Integrals $^1/_2 \int \rho^2 d\varphi$ ist nun folgendes.

Schreibt man

$$\frac{1}{2}\,\varrho^2\,d\varphi = \frac{1}{2}\,k \cdot \lambda\,d\varphi,$$

so gilt die Beziehung

$$\varrho^2 = k \cdot \lambda \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (5)$$

d. h. ρ kann als die mittlere Proportionale zwischen der Konstanten k und dem variablen Halbmesser λ betrachtet werden.

Das von P (Fig. 6) auf OF gefällte Loth PL schneidet in der Länge $FL = \lambda$ die mittlere Proportionale zwischen $OF = 2a$ und $PF = \rho$ ab und es wird

$$\varrho^2 = 2a\,\lambda.$$

Die Konstante in Formel (5) ist mithin $2a$.

Die Richtung des Lothes PL ist stets rechtwinklig zu Schenkel PA, da OF und AP stets einander parallel sind, lässt sich also bequem konstruiren, indem rechtwinklig zu AP in P der Schenkel PL angeordnet wird.

$F_\rho = {}^1/_2 \int \rho^2 d\varphi$ ist nunmehr zu messen als $a \int \lambda\,d\varphi$.

Da die Symmetrieachse OPV dieselben Winkelausschläge wie der Fahrstrahl ρ macht, erübrigt noch, die augenblickliche Länge λ auf jene Achse zu übertragen.

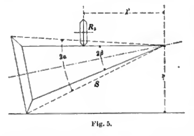


Fig. 5.

Diese Uebertragung wird dadurch erzielt, dass die Längsverschiebung von L auf der zu OF Parallelen SQ, also die Veränderung von λ, zuerst durch den über die Seilscheiben S, N', T, N'', Q sich bewegenden Seilzug dem Umfange der im Pole P angeordneten Scheibe T und dann durch Seilzug Z oder durch Zahnrad mit Zahnstange in der Uebersetzung $1/n$ auf die Richtung OPV übertragen wird, sodass die Verschiebung λ' gleich $(1/n)\,\lambda$ ist. An dem Seilzug ist das Gehäuse der mit Zählwerk versehenen Messrolle R'' (R_2 in Fig. 5) derart befestigt, dass die Achse der letzteren in die Vertikalebene durch OPV fällt.

Um nun die Wälzung der Messrolle R'' von der Beschaffenheit des Planmaterials unabhängig zu machen, wird dieselbe auf dem Mantel eines Kreiskegels geführt, dessen Achse in der Vertikalebene durch OPV, und dessen Spitze lothrecht über dem Pole P liegt, während der Fusskreis des Kegels auf der Planebene rollt.

Die Abwälzung der Messrolle ist, wenn Gleiten zwischen ihr und der Kegeloberfläche vermieden wird, gleich dem Umdrehungswege ihres augenblicklichen Berührungspunktes auf dem Kegelmantel.

Die Beziehung zwischen dF_ρ, gleich dem vom Fahrstrahl bestrichenen Flächenelement, und dw, gleich dem Längenelement der Abwälzung der Rolle R'', ergiebt sich nach den Bezeichnungen in Fig. 5, wenn ausserdem bedeutet

$d\varphi$ den Winkel zwischen zwei aufeinander folgenden Lagen des Fahrstrahls,

$d\psi$ den polaren Drehungswinkel des Kegels, wie folgt.

Nach Gleichung (5) ist

$$dF_\rho = a\lambda\, d\varphi = a\, n\, \lambda'\, d\varphi.$$

Aus Fig. 5 ergiebt sich

$$dw = \lambda' \sin\beta\, d\psi \text{ und}$$

$$S \sin\alpha\, d\psi = \sqrt{S^2 - \eta^2}\, d\varphi,$$

da die Abwälzung des Kegelfusskreises gleich dem von der Achse OPV im Abstande $\sqrt{S^2-\eta^2}$ beschriebenen Weg ist, mithin

Fig. 6.

$$dF_\rho = \left[a\, n \frac{S}{\sqrt{S^2-\eta^2}} \frac{\sin\alpha}{\sin\beta}\right] dw.$$

Wird der in der Klammer stehende Ausdruck, dessen Glieder sämmtlich Konstanten sind, mit K bezeichnet, so folgt

$$dF_\rho = K \cdot dw,$$

also

$$F_\rho = K \cdot w,$$

d. h. die von dem polaren Fahrstrahl PF bestrichene Fläche ist gleich dem Produkt einer Konstanten K in die Abwälzungslänge w der Messrolle R''.

Aus praktischen Gründen wird der Kegel so angeordnet, dass die Oberkante seines Mantels in die Horizontale fällt, die Messrolle also vertikal steht.

Um das Instrument zugleich als Amsler'sches Planimeter benutzen zu können, ist eine dritte Messrolle R''' mit Zählwerk auf dem Arm OF oder dem Arm OM angebracht.



Referate.

Ergebnisse neuer Pendelbeobachtungen.

Von G. R. Putnam. *Amer. Journ. of Scinece (4) **1.** S. 186. 1896.*

Der Verf. hat im Auftrage der *Coast and Geodetic Survey* im Jahre 1895 weitere Schweremessungen an 6 Stationen ausgeführt. Er benutzte Mendenhall'sche Halbsekundenpendel und dabei — im Gegensatze zu allen europäischen Messungen — feste Schneiden. Die Pendel selbst haben nämlich keine Schneiden, diese sind vielmehr mit dem Stativ verbunden. Um eine Kontrole zu haben, schwangen 2 Pendel auf einer ersten, ein drittes auf einer zweiten Schneide.

Die Stationen, die an der Küste des Golfes von Mexiko selbst liegen, nämlich New-Orleans und Galveston, zeigen, nach Anbringung aller Reduktionen, eine grössere Schwere, als die mehr im Innern des Landes gelegenen Austin und Laredo, ein Unterschied, der übrigens nach anderweiten Untersuchungen zwischen Küsten- und Binnenlandstationen aller Gegenden zu bestehen scheint. Im Ganzen zeigen alle seine Stationen (zu obigen tritt noch Calais im Staate Mexiko hinzu) einen Schweredefekt an; die sich anschliessenden Betrachtungen über den Einfluss der vom Mississippi und Rio Grande in den Golf transportirten Massen auf die Schwere an den Küsten, ebenso wie die Ableitung einer Abplattung der Erde aus 33 amerikanischen Stationen sind mit Rücksicht auf deren geringe Anzahl und Breitenausdehnung (kleiner als 18°) von wenig Gewicht. *Sn.*

Sternphotographie mit kleinen Fernrohren ohne Uhrwerk.

Von Joseph Lunt. *Nature **54.** S. 84. 1896.*

Verfasser weist darauf hin, dass gerade durch die Einführung der Photographie in die Astronomie die Liebhaber dieser Wissenschaft Gelegenheit bekommen haben, werthvolle Arbeiten auszuführen. Sein Instrument bestehe aus einer hölzernen photographischen Kamera, die zugleich mit einem Pointirungsfernrohr und einem kleinen Sucher auf einem Backsteinpfeiler parallaktisch montirt sei. Die Kamera habe zwei Objektive, eines von 83 *mm* Oeffnung und 737 *mm* Brennweite und eines von nur 45 *mm* Oeffnung und geringerer, nicht besonders angegebener Brennweite. Beide Objektive stehen so neben und hinter einander, dass immer gleich zwei Aufnahmen auf derselben Platte in verschiedenem Maassstabe erhalten werden. Das Pointirungsfernrohr, welches zur Erhaltung der Einstellung dient, wenn das Instrument der Bewegung des Himmelsgewölbes folgen soll, hat ebenfalls 45 *mm* Objektivöffnung und ist mit einem Okularprisma versehen, damit der die Einstellung kontrolirende Astronom stets eine bequeme Stellung einnehmen kann. Die Kamera lässt sich mittels einiger Schrauben gegen das Pointirungsfernrohr verstellen, damit man in das Gesichtsfeld des letzteren immer einen genügend hellen Stern bringen kann, auch wenn die aufzunehmende Gegend keinen solchen besitzt; denn wenn nicht sehr lange exponirt wird und nicht die äusserste Genauigkeit erzielt werden soll, so kommt es auf strenge Parallelität der Fernrohrachsen nicht an.

Das Instrument ist weder mit einem Uhrwerk, welches ja immer eine kostspielige Einrichtung ist, noch mit einem sonstigen Mechanismus, um das Fernrohr dem rotirenden Himmelsgewölbe nachzuführen, versehen. Verf. besorgt diese Nachführung einfach mit der Hand; geringe Uebung genüge, um dem Fernrohr auch während längerer Zeit, einige Viertelstunden lang, den nöthigen leisen, gleichmässigen Druck mit dem Finger zu ertheilen, ohne zu sehr zu ermüden. Bei einer am Pointirungsfernrohr gebrauchten 50-fachen Vergrösserung werde ein Fehler in der Einstellung viel eher entdeckt, als er auf der Platte merklich werde. Obwohl das grössere Objektiv nicht für photographische Strahlen korrigirt sei, seien die Bilder doch gut definirt innerhalb 5° im Quadrat. Bei einer halbstündigen Exposition habe das Negativ zur Noth noch Sterne 10. Grösse erkennen lassen. Durch eine Vergleichung von Platten, die zu verschiedenen Zeiten von derselben Gegend des Himmels

aufgenommen worden seien, liessen sich etwaige neu auftauchende oder veränderliche Sterne finden. Aber auch ohne das Fernrohr dem Himmelsgewölbe nachzuführen, könne man sehr wohl brauchbare Aufnahmen bekommen. Die Sterne zeichneten dann auf der Platte parallele Kreisbogen, und aus einer Vergleichung der Stärke dieser Striche könne man das Helligkeitsverhältniss der Sterne bestimmen. Die vom Verf. bei feststehendem Fernrohr aufgenommenen Photogramme zeigten die Spuren aller mit blossem Auge sichtbaren Sterne. *Kn.*

Mittheilung über einen neuen Nivellirapparat und eine metallische Nivellirlatte.

Von Chr. Aug. Vogler. *Verhandl. d. 11. Allgem. Konferenz d. Internat. Erdmessung 1895; Berlin 1896. II. Theil. S. 311.*

Der um die Verfeinerung des Nivellirapparates verdiente und unablässig bemühte Verfasser giebt hier eine erste Mittheilung über einen Apparat, der nicht verfehlen wird, das grösste Interesse hervorzurufen. Es ist bekannt, dass zuerst in den Niederlanden ein m. *km*-Fehler (der in einer Richtung nivellirten Strecke) von 1 *mm* erreicht worden ist. Der Verfasser legte sich die Frage vor, ob nicht durch Anwendung kleinerer Zielweiten, als sie die holländischen Geodäten verwendet haben, eine weitere Herabsetzung des unregelmässigen m. F., etwa auf $\frac{1}{2}$ *mm* pro *km* möglich sei. Um aber dabei die Verwendung sehr fein getheilter Nivellirlatten oder, bei Richtung der Fernrohrziellinie auf bestimmte Lattenpunkte, grosser Libellenausschläge zu vermeiden, hat Vogler, wie vor ihm Goulier u. A., ein „Schiebefernrohr“, wesentlich ganz in der Art eines Kathetometers, konstruirt und durch Meissner (Reinecke) in Berlin bauen lassen. Allerdings konnte auch so, bei Anwendung der bisher für Fein-Nivellements üblichen hölzernen Wendelatten, der m. F. pro *km* nicht ganz so weit wie gewünscht, sondern nur auf etwa $\frac{1}{2}$ *mm* (für eine Wegrichtung) herabgebracht werden. Statt der zuerst benutzten, auf Holzlatten aufgemalten Punkte hat nun aber der Verfasser seither messingene, in der mittleren Gipsfüllung ein sehr scharfes, weisses Zielscheibchen darbietende „Zielpfropfen“ herstellen lassen, die in zwei zu einer Wendelatte vereinigten Stahllamellen versenkt werden. Jede der Lamellen enthält 30 Zielpfropfen in *dm*-Abständen; die Lamellen bilden zusammen mit dem Zinkstab, den sie zwischen sich fassen, ein Metallthermometer. Diese ganze Metalllatte wird durch einen Aluminium-Mantel versteift und gegen Sonnenstrahlen geschützt. Die Latte wiegt nur 8 *kg*. Man wird auf die Resultate mit der neuen Latte in allen Kreisen, für die Fein-Nivellirungen in Betracht kommen, höchst gespannt sein. *Hammer.*

Ueber die Rolle der systematischen Fehler im Fein-Nivellement.

Ueber den Grad der Unveränderlichkeit der beim neuen französischen Fein-Nivellement benutzten provisorischen Festpunkte.

Von Chr. Lallemand. *Verhandl. d. 11. Allgem. Konferenz d. Internat. Erdmessung 1895; Berlin 1896. II. Theil. S. 205.*

Beide Notizen sind wichtige Beiträge zur Theorie und Praxis des Nivellirens. Mit den regelmässigen Fehlern im Fein-Nivellement hat sich der unermüdliche Leiter des französischen Nivellements-Dienstes schon früher mehrfach beschäftigt; er hat dabei eine einfache Methode zur Abscheidung dieser Fehlerbeträge angegeben. Die vorliegende erste Note bringt die Anwendung auf einige grosse europäische Nivellements-Netze. Es genügt hier, die wichtigsten Resultate anzugeben; sie lauten: Alle untersuchten ausgeführten Fein-Nivellements sind mit einseitigen Fehlern behaftet, die für das Mittel aus Hin- und Herweg zwischen 0,05 und 0,3 *mm* pro *km* schwanken. Der Fehlerbetrag, wie er aus den Differenzen zwischen dem Hin- und Rück-Nivellement aus den einzelnen Strecken geschlossen wird, übersteigt bedeutend den aus den Schlussfehlern der Polygone sich ergebenden. In Netzen mit engen Maschen erscheinen die regelmässigen Fehler besser kompensirt, als in solchen mit grossen Maschen; auch für den ersten Fall muss aber in Zukunft der einseitige Fehler

neben dem unregelmässigen angegeben werden. Für drei von den vier untersuchten grossen Nivellementsnetzen ist der Antheil des einseitigen Fehlers an den Gesammtschlussfehlern grösser als der der zufälligen Fehler.

Die zweite Notiz bezieht sich auf das Einsinken (oder Heben) der provisorischen Festpunkte (Wechselpunkte) des französischen Fein-Nivellements zwischen den dauernden (Haupt-) Festpunken: es sind starke Nägel mit gerundetem Kopf auf Pflöcken von etwa 30 *cm* Länge und 4 *cm* Stärke; zwischen den beiden Nivellirungen eines solchen Punktes in der einen und anderen Richtung vergehen 10 Min. bis 15 Tage und das *Tassement* des Bodens oder der Einfluss der Atmosphärilien auf die Höhenlage des den Punkt tragenden Pflocks allein in dieser Zeit ist recht merklich. L. findet die Vertikalbewegung zusammengesetzt aus einem konstanten Theil (0,3 *mm* etwa) und einem der Zeit etwa proportionalen Theil (ca. 0,04 *mm* pro Tag), sodass die Beziehung besteht (*T* die Anzahl der Tage):

$$r = \overset{mm}{0{,}3} + \overset{mm}{0{,}04}\,T.$$

Hammer.

Ueber die photographische Bestimmungsweise der Polhöhe und die mit dem photographischen Zenithteleskop bisher gewonnenen Resultate.

Von A. Marcuse. *Verhandl. d. 11. Allgem. Konferenz d. Internat. Erdmessung 1895; Berlin 1896. II. Theil. S. 303.*

Der Verfasser führt seine vor mehreren Jahren gemachten Vorschläge über Anwendung des photographischen Zenithteleskops zur Polhöhenbestimmung weiter aus. Die lebhafte Unterstützung des Planes durch Geh.-Rath Förster hat nun zur Herstellung des Instrumentes (durch Wanschaff) geführt und der Verfasser kann bereits nebst seiner Beschreibung die ersten Versuchsmessungen vom letzten Sommer veröffentlichen. Es ist in der That ein naheliegender Gedanke, der Erfolg haben *muss*, die auf der horizontal liegenden photographischen Platte sich aufzeichnenden Bahnen von Zenithsternen zur Festlegung des Zeniths unter den Sternen, zur Bestimmung der Deklination des Zenithpunkts — darin besteht ja die Aufgabe der Polhöhenbestimmung — zu verwenden. Die genaue Beschreibung des Instruments und des Ausmessapparates (bei dem vielleicht in Zukunft noch die Koppe'sche Neuerung Anwendung finden könnte) muss a. a. O. nachgelesen werden; von den Genauigkeitsversuchen sei wenigstens erwähnt, dass sich schon aus den ersten lückenhaften Messungen der w. F. einer einzelnen Polhöhe $= \pm\,0'',12$ ergab, aus mehr zusammenhängenden Beobachtungsreihen im Juni und Juli v. J. sogar noch etwas geringer ($\pm\,0'',11$); es ist schon hiernach, obgleich die Ergebnisse immer noch provisorischen Charakter tragen, kaum zweifelhaft, dass die photographische Horrebow-Methode der optischen sich mindestens ebenbürtig zeigen wird und bei den feinsten Polhöhenmessungen, z. B. bei dem Polhöhendienst auf den vier internationalen Polhöhenstationen (beim „Ueberwachungsdienst der Erdachse"), anzuwenden sein wird. Doch hat man hierüber noch die Resultate weiterer vergleichender Versuche abzuwarten, die bereits im Gang sind. *Hammer.*

Ein neues selbstreduzirendes Tachymeter.

Von V. Baggi. *Rivista di Topogr. e Catasto. 9. S. 17. 1896/97.*

Der Verf. fügt der bereits stattlichen Reihe von Tachymetern, die ohne Rechnung die *auf die Horizontale reduzirte* Entfernung der Latte angeben, ein neues hinzu, in dem er auf einfache (ob aber genügend stabile, d. h. für lange Zeit konstante?) Weise den Fadenabstand mit dem Höhenwinkel in bekannter Relation veränderlich macht. Der von ihm angeführte Genauigkeitsversuch spricht sehr für seine Einrichtung: die Latte (von 6 *m* Länge) war nur 5,65 *m* vom Mittelpunkte des anallaktischen Fernrohrs aufgestellt; bei Ablesungen am Höhenkreis, die von 57° bis 101,5°, also durch einen halben Quadranten gehen, finden sich unter 21 Lattenablesungen (von 5,6 an bis zu 0,1 an dem äusseren Faden) in den Lattenabschnitten nur Differenzen bis zu 3 *mm*, indem alle zwischen 0,110 und 0,113 liegen. Eine weitere Mittheilung soll noch die Anwendung des Instruments auf Ermittlung der Höhenunterschiede bringen.

Hammer.

Ueber das Stangenplanimeter von Prytz.

Von M. Maffiotti. *Rivista di Topogr. e Catasto.* **8.** *S. 97, 113 u. 129. 1895/96.*

Theoretische und praktische Studie über das Stangen-Beil-Planimeter. Aus seinen Versuchen mit Figuren von 4000 bis 8000 *mm*² findet der Verf. bei rechtläufiger Führung des Fahrstiftes einen m. F. zwischen 0,36 und 1,16%, bei entgegengesetzter zwischen 0,28 und 0,70%.

Hammer.

Ueber Schätzungsgenauigkeit an Nivellir- und Distanzskalen.

Von C. Wagner. *Zeitschr. f. Vermess.* **25.** *S. 449 u. 504. 1896.*

Bespricht einige Zweifel über die Anwendbarkeit der bekannten Reinhertz'schen Resultate für Genauigkeit der Schätzung an Nivellirskalen auf die Aufgaben der Distanzmessung.

Hammer.

Ueber eine neue Bestimmung der Masse eines Kubikdezimeter destillirten, luftfreien Wassers im Zustande seiner grössten Dichte.

Von J. Macé de Lépinay. *Journ. de phys. (3)* **5.** *S. 477. 1896.*

In der vorliegenden Abhandlung theilt der Verfasser eine neue Ausführung des von ihm in den *Compt. rend.* **120.** *S. 770. 1895* (*s. diese Zeitschr.* **15.** *S. 227. 1895* und **16.** *S. 219. 1896*) entwickelten Programms für die Bestimmung der Masse eines Kubikdezimeter destillirten, luftfreien Wassers mit.

Der erste Theil des Programms, die allseitige Dickenmessung eines rechtwinkligen Parallelepipedons aus Quarz nach der Methode der Talbot'schen Streifen, wurde vom Verfasser selbst ausgeführt. Unter Annahme der folgenden Werthe (t bedeutet die Temperatur gemessen nach der Wasserstoffskale)

Ausdehnung des Quarzes ∥ zur Achse $\frac{l_t}{l_0} = 1 + 10^{-9}(13254{,}6\,t + 11{,}63\,t^2)$ (Benoit)

Ausdehnung des Quarzes ⊥ zur Achse $= 1 + 10^{-9}(7161{,}4\,t + 8{,}01\,t^2)$ (Benoit)

Brechungsindex der Luft $\nu = 1 + 0{,}0002941\,\frac{H}{76}\cdot\frac{1}{1 + 0{,}00367\,t}$ (Mascart u. Benoit)

Brechungsindex des Quarzes $1{,}5487\,381 - 10^{-8}(516{,}8\,t + 1{,}552\,t^2)$ (direkt bestimmt)

Wellenlänge des benutzten Lichtes $\Lambda = 5{,}087\,242 \times 10^{-5}$ *cm* (Michelson)

ergab sich das Volumen des Quarzstückes

$$V_0 = 61{,}75259 \text{ ccm}$$

mit einer Genauigkeit von $^1/_{600\,000}$.

Die Dichte des Quarzstückes wurde durch eine hydrostatische Wägung ermittelt; dabei hing das Stück in einem aus Platindrähten gebildeten Körbchen und konnte zusammen mit diesem im Wasser bequem an die Waage gehängt und wieder abgenommen werden. Das benutzte Wasser wurde zweimal destillirt, beim zweiten Male in einem Glasballon, wobei der Dampf in einer Silberröhre kondensirt und das Wasser direkt im vergoldeten Wägungsgefässe aufgefangen wurde. Die Dichte des Quarzes ergab sich dabei bezogen auf Wasser von seiner grössten Dichte $d_0 = 2{,}650728$.

In Verbindung mit der absoluten Masse des Quarzstückes 163,682 57 *g*, wie sie von Benoit und Chappuis ermittelt wurde, ergiebt sich demnach das Volumen bei 0°

$$V_0 = 61{,}750\,04 \text{ Milliliter},$$

woraus folgt

$$1 \text{ Liter} = 1{,}000041 \text{ Kubikdezimeter}$$

oder mit anderen Worten, es ergiebt sich die Masse M eines *cdm* Wasser bei 4°

$$M = 999{,}959 \text{ g}$$

mit einer Unsicherheit von etwa 6 *mg*.

Dieser Bestimmung stehen die folgenden aus früherer Zeit gegenüber[1]):

1799:	Lefevre-Gineau und Fabbroni*. . M =	1 000,000 *g*
	korrigirt von Broch zwischen 999,910 und	999,880 *g*
	„ „ Mendeleeff	999,960 *g*
1798—1821:	Shuckburg und Kater	1 000,480 *g*
1825:	Berzelius, Svanberg, Ackermann . .	1 000,296 *g*
1834:	Stampfer	999,653 *g*
1841:	Kupffer	999,989 *g*
	korrigirt von Mendeleeff	999,850 *g*
1890:	Chaney	1 000,004 *g*
	korrigirt von Mendeleeff	999,841 *g*

Schl.

Hydrostatische Messinstrumente.

Von O. Krell sen. 68 S. m. 19 Fig. u. 6 Tabellen. Berlin, Julius Springer 1897. Preis 3,00 M.

Die vom Verfasser beschriebenen Instrumente dienen hauptsächlich den Messungen in der Heizungs- und Lüftungstechnik. Der Hauptbestandtheil aller dieser ist eine als D. R. G. M. 52 222 und 52 818 eingetragene hydrostatische Gaswaage — das Mikromanometer —, welches zwar auf denselben Prinzipien beruht, wie das Differentialmanometer von Recknagel, indessen ungleich empfindlicher ist als dieses.

In seinen wesentlichen Theilen besteht das Mikromanometer aus einem mit Sperrflüssigkeit, gewöhnlich mit Alkohol, gefüllten dosenartigen, auf 100 *mm* Weite ausgebohrten Gefäss, welches mit einer Grundplatte aus einem Stück gegossen und unten mit einem aufgeschraubten Deckel versehen ist. Diese Dose kommunizirt durch ein mittels Schraubenpfropfen eingesetztes, im Innern der Dose hakenförmig nach unten gebogenes Metallrohr mit einem annähernd horizontal gelagerten gläsernen Messrohr, das gleichfalls in den Pfropfen eingedichtet ist. Auf der anderen Seite, an seinem freien Ende, ist dies Messrohr durch eine Stütze und eine Druckschraube unverrückbar mit dem Manometergefäss und der Grundplatte verbunden.

Die Verbindung des Instrumentes zu den in Bezug auf Druck zu vergleichenden Räumen geschieht mittels Leitungsröhren einerseits durch einen in der Decke der Dose befindlichen Ansatzstutzen, andererseits vom freien Ende der Messröhre her. Beide Verbindungen schliessen Dreiweghähne ein, die die *gleichzeitige* Umschaltung beider Seiten des Instrumentes vom Atmosphärendruck auf die zu vergleichenden Drucke gestatten.

Solche Mikromanometer sind in den Uebersetzungsverhältnissen 1 : 400, 1 : 200, 1 : 100, 1 : 50, 1 : 10 hergestellt; die gesammte Länge des Messrohres von 200 *mm* gestattet daher Druckmessungen von 0,5 bezw. 1, 2, 4 und 20 *mm* Wassersäule.

Die Aichung der Instrumente geschieht empirisch; die dabei gewonnenen Resultate werden zur Herstellung einer hinter dem Messrohr gelagerten Theilung benutzt, auf welcher auch andere Korrektionen des Instrumentes (Kaliberfehler) berücksichtigt sind.

In erster Linie verwendet der Verfasser das Mikromanometer zur Messung an seinem hydrostatischen Luftgeschwindigkeitsmesser, dem *Pneumometer* (D. R. G. M. 41 280), welches im Wesentlichen aus einer kleinen, beiderseits mit zwei nicht tiefen, zentrischen Bohrungen versehenen Scheibe besteht; beide Bohrungen sind durch einander möglichst nahe liegende Röhrenleitungen mit dem Mikromanometer verbunden. Ist p die gemessene Differenz der

[1]) Eine als Nebenresultat erhaltene Bestimmung seitens der Kaiserl. Normal-Aichungs-Kommission lieferte den Werth M = 999,800 *g*. Siehe *Metronomische Beiträge Nr. 7:* Ueber die Bestimmung von Aräometern mit besonderer Anwendung auf die Feststellung der deutschen Urnormale für Alkoholometer von B. Weinstein, *S. 57. 1890.* Berlin, J. Springer; siehe auch Weinstein: Ueber das Verhältniss des Kilogramms zu seinem Definitionswerth. *Verhandl. der phys. Ges. in Berlin.* **10.** *S. 107. 1891.* — Anm. des Ref.

Staupressung auf beiden Seiten, so wird die Geschwindigkeit der Luftbewegung dargestellt durch die Formel

$$v = \sqrt{\frac{2\,g}{1{,}37\,.\,s}}\;p,$$

wo s das Gewicht eines *cbm* der strömenden Luft und g die Beschleunigung der Schwere bedeuten.

Besonderes Interesse bietet die vom Verfasser mit dem eben beschriebenen Instrumente gemessene Vertheilung der Luftgeschwindigkeit in einem Rohrquerschnitt. Theilt man diesen Rohrquerschnitt durch konzentrische Kreise in vier Theile gleichen Flächeninhalts und bezeichnet diese von innen nach aussen mit I, II, III, IV, so ist in vier verschiedenen aufeinander folgenden Querschnitten des Rohres C (Rohrende), A, D, B die Geschwindigkeit in *m*

Zone	C	A	D	B
I	0,84	1,59	1,21	1,10
II	0,91	1,59	1,04	0,81
III	0,905	0,87	0,67	0,80
IV	0,82	—0,25	0,55	0,795

Eine weitere Verwendung des Mikromanometers findet statt bei der hydrostatischen Gaswaage, dem *Gasanalysator* (D. R. P. 88188), im Wesentlichen bestehend aus zwei vertikalen, gleich langen und oben zusammenlaufenden Röhren, durch welche von unten nach oben je ein kontinuirlicher Strom der beiden zu vergleichenden Gase mit gleicher Geschwindigkeit geleitet wird. Zwei seitliche Ansätze dieser beiden vertikalen Röhren sind mit den beiden Seiten des Mikromanometers verbunden. Die Druckdifferenz beider Gase giebt gleichzeitig ihre Gewichtsdifferenz, aus welcher Schlüsse auf die verschiedene Zusammensetzung abgeleitet werden können.

Von Wichtigkeit für die Meteorologie dürfte ein hydrostatischer Wind-Indikator sein. Mit der Wetterfahne verbunden, senkrecht zu ihrer Längsrichtung, ist ein dem Pneumometer ähnlicher Apparat angeordnet. Von beiden Seiten des Scheibchens führen wieder Röhrenleitungen zu dem Mikromanometer, doch sind bei Anlage der Röhren noch besondere Vorkehrungen wegen der Drehung der Windfahne zu treffen. Da die Windstärke grössere Schwankungen aufweist, bringt Verf. nicht ein gerades, sondern ein nach oben gebogenes Glasrohr, d. h. ein Messrohr mit variabler Steigung, zur Verwendung. Mit Hülfe dieses Instrumentes war es möglich, in dem Beobachtungsraume Stürme von ziemlich gleichförmiger Geschwindigkeit und wieder solche mit stossweiser Wirkung zu beobachten.

Endlich soll das Mikromanometer bei einem hydrostatischen Pyrometer benutzt werden. In einem von den heissen Gasen durchströmten Kanal, dessen Temperatur gemessen werden soll, ist ein mit Luft gefülltes, beiderseits geschlossenes Rohr aufgestellt, von welchem zwei horizontale Ansatzröhren nach aussen und von da weiter unter Zwischenschaltung eines Spannungsregulators zum Mikromanometer führen, welches direkt das Gewicht der von den horizontalen Ansätzen begrenzten Luftsäule und damit deren Temperatur misst. Kommt es nicht auf grosse Genauigkeit an, so genügt unter Umgehung des geschlossenen Rohres die Einfügung zweier horizontaler Röhren in den auf seine Temperatur zu untersuchenden Kanal. *Schl.*

Ein Versuch, das Helium zu verflüssigen.

Von K. Olszewski. *Nature 54. S. 377. 1896.*

Das Helium, welches der Verfasser nur in kleiner Menge von Ramsay in London erhalten hatte, wurde in einer Röhre in einem Bade flüssiger Luft komprimirt, die ihrerseits wiederum von einem Gefässe mit flüssigem Sauerstoff eingehüllt war. Bei einer ersten Versuchsreihe stand das Helium unter einem Druck von 125 Atmosphären und wurde bis zum Siedepunkte des Sauerstoffs (unter Atmosphärendruck bei — 182°,5; unter einem Druck von

10 *mm* Quecksilber bei — 210°) abgekühlt. Bei einer zweiten Versuchsreihe wurde flüssige Luft angewendet, die unter einem Druck von 10 *mm* siedete; dabei wurde das Helium auf 140 Atmosphären komprimirt. In keinem der beiden Fälle kondensirte sich das Helium, auch dann nicht, wenn das Gas sich auf 20 Atmosphären Druck, in einigen Fällen sogar auf eine Atmosphäre expandirte. Auch weiter angestellte Experimente führten zu keinem Ziele; sie zeigten indessen, dass der Siedepunkt des Heliums unter — 264° C. liegt, also noch wenigstens 20° niedriger als der Siedepunkt des Wasserstoffs.

Nimmt man den Siedepunkt eines Gases als einfache Funktion der Dichte an, so müsste Helium bei seiner Dichte von 2,133, ebenso wie Argon, bei einer höheren Temperatur als Wasserstoff sich verflüssigen lassen. Dass dem nicht so ist, liegt wohl an der Einatomigkeit des Gases.

Weitere Versuche des Verfassers beziehen sich auf die Vergleichung eines Heliumthermometers mit einem Wasserstoffthermometer, um zu entscheiden, ob die Angaben des letzteren unter — 198° C. noch eine Realität haben. Der Verfasser bestimmte mit beiden Instrumenten die Temperatur des unter verschiedenem Druck siedenden Sauerstoffs und fand folgende Vergleichszahlen.

Druck	Angaben des Helium-Thermometers	Angaben des Wasserstoff-Thermometers
741 *mm*	— 182°,6 C.	— 182°,6 C.
240	— 191,8	— 191,85
90,4	— 198,7	— 198,75
12	— 209,3	— 209,2
9	— 210,57	— 210,6

Die Versuche ergeben also das Resultat, dass der Ausdehnungskoëfficient des Wasserstoffs zwischen den Temperaturgrenzen der Untersuchung sich nicht ändert, dass also die Angaben des Wasserstoffthermometers auch bei sehr niedriger Temperatur durchaus zuverlässig sind. Die Wasserstoffthermometer dürften also bis zur kritischen Temperatur des Wasserstoffs bei — 234°,5 C. verwendbar sein. Noch tiefere Temperaturen wird man zweckmässig mit einem Heliumthermometer messen, welches unzweifelhaft sicherere Werthe für den Siedepunkt des Wasserstoffs liefern würde als das Platinthermometer. *Schl.*

Ueber die Messung tiefer Temperaturen.

Von L. Holborn und W. Wien. *Wied. Ann.* **59.** *S. 213. 1896.*

Der Hauptzweck der vorliegenden Abhandlung ist der Anschluss verschieden gearteter Thermometer bei tiefen Temperaturen an das Gasthermometer. Welchen Gasthermometern hierbei der Vorzug zu geben sei, konnte bereits nach den Versuchen Olszewski's nicht mehr zweifelhaft sein, welcher bei — 150° zwischen dem Stickstoff- und Wasserstoffthermometer eine Differenz von 1° gefunden und hieraus den Schluss gezogen hatte, dass das Wasserstoffthermometer bei — 200° noch mit grösserer Annäherung die absolute Temperatur messe, als das Stickstoffthermometer bei — 150°, weil sich der Wasserstoff bei — 200° noch über seiner kritischen Temperatur befindet. Auch die Verfasser entscheiden sich für das Wasserstoffthermometer; eine Vergleichung eines solchen mit dem Luftthermometer bei der Temperatur der flüssigen Luft liess einen Unterschied von nur 0°,6 erkennen, sodass sich mit einem hohen Grad von Wahrscheinlichkeit annehmen lässt, dass das Wasserstoffthermometer selbst noch unter — 200° als zuverlässige Grundlage der Temperaturmessung angesehen werden kann (vgl. d. vorstehende Referat).

Als Vergleichsbäder dienten in erster Linie solche mit siedender Luft, die im flüssigen Zustande dem neuen Linde'schen Gegenstromapparate (*diese Zeitschr.* **16.** *S. 156. 1896*) entnommen wurde. Die Temperatur eines solchen Bades ändert sich allerdings langsam mit der Zeit, indem zunächst hauptsächlich Stickstoff verdampft und demnach die zurückbleibende Flüssigkeit immer sauerstoffreicher wird. Doch konnten, wenn das Bad gegen Wärme-

einflüsse von aussen gut geschützt war, Temperaturen zwischen $-186^0,4$ und $-190^0,2$ erhalten werden, die sich innerhalb 10 Minuten nicht merklich änderten. Dagegen sind Bäder aus reinem flüssigen Sauerstoff vollständig konstant. Höhere Temperaturen wurden dann in hinreichender Konstanz mit schmelzendem Aethyläther und dem Gemisch von Alkohol und fester Kohlensäure hergestellt.

Als Thermometer dienten neben dem Gasthermometer Widerstände aus reinem, von Heräus in Hanau bezogenen Platin und Thermoelemente aus Eisen- und Konstantandraht, die eine hohe Empfindlichkeit besitzen. Um die Ungleichmässigkeiten der Temperaturbäder möglichst unschädlich zu machen und um auch bei weniger konstanten Temperaturen doch mit grosser Sicherheit beobachten zu können, wurde eine von den Verfassern schon bei der Messung hoher Temperaturen benutzte Anordnung wieder verwendet. Es wurde nämlich der mit dem Wasserstoffthermometer zu vergleichende Platinwiderstand in das Innere der Kugel des Wasserstoffthermometers eingeschmolzen; der 0,05 *mm* dicke Draht war zu diesem Zwecke auf ein Glimmerkreuz bifilar aufgewickelt, welches durch die Zuleitungsdrähte freischwebend im Innern der Kugel gehalten wurde.

Die Beobachtungen ergaben, dass sich die Temperatur t als Funktion des Widerstandes W_g durch die folgende Gleichung zweiten Grades bis auf etwa 1^0 Genauigkeit darstellen lässt, wobei die mittleren Abweichungen der Beobachtungen nur einige Zehntel Grade betragen:

$$t = -258{,}3 + 5{,}0567\, W_g + 0{,}005\,855\, W_g^2.$$

Wenn es gestattet wäre, diese Formel für Temperaturen unter -190^0 zu extrapoliren, so würde der Widerstand bei $-258^0,3$ gleich Null werden.

Auch mit anderen Platinwiderständen, welche auf Glimmerplatten aufgewickelt und in Kupferbüchsen freischwebend eingeschlossen waren, wurden Versuche angestellt. Die Zuleitungen aus Platin waren in Glasröhren aus den Büchsen herausgeführt, sodass die Büchsen bei jeder Temperatur und in jedem Bade gemessen werden konnten, ohne dass man Nebenschlüsse durch die Leitung der Bäder zu befürchten hatte.

Im Allgemeinen zeigten sich bei diesen Beobachtungen Abweichungen im Temperaturkoëffizienten, sowohl bei zwei verschiedenen Sorten von reinem Platin, als auch bei Drahtstücken von derselben Rolle. Man ist deshalb auch bei tiefen Temperaturen darauf angewiesen, jeden Widerstand direkt mit dem Gasthermometer zu vergleichen. Der Regel nach nimmt der Temperaturkoëffizient mit sinkender Temperatur zu.

Die Thermoelemente wurden gleichfalls bei den Temperaturen der flüssigen Luft und in einem Gemisch von Alkohol und fester Kohlensäure mit dem Wasserstoffthermometer verglichen, und zwar wurde ihre elektromotorische Kraft einmal mittels eines Daniell'schen Elementes kompensirt, andererseits aber auch mit dem von den Verfassern früher angegebenen d'Arsonval'schen Zeigergalvanometer direkt gemessen. Bezeichnet x die thermoelektrische Kraft in Mikrovolt, so ist die Temperatur gegeben durch die Gleichung

$$t = -0{,}017\,80\, x - 0{,}000\,000\,8784\, x^2$$

Die Thermoelemente unter einander zeigen keine merkliche Abweichung, wenn die Drähte von derselben Drahtsorte stammen. Dagegen liessen Stücke einer Sorte in sich nicht gleichmässigen Konstantandrahtes Unterschiede erkennen, die Temperaturunsicherheiten bis 2^0 entsprechen. Alles in Allem ergaben aber die Versuche das Resultat, dass die Thermoelemente auch für tiefe Temperaturen in Verbindung mit einem Zeigergalvanometer für praktische Messungen sehr geeignet sind, weil man damit auch an sonst nur schwer mit Thermometern erreichbaren Stellen messen kann. So wurde die Temperatur der zirkulirenden Luft im Linde'schen Gegenstromapparate dadurch gemessen, dass man die eine Lötbstelle direkt an die eisernen Röhren des Apparates anlöthete.

Die angestellten fundamentalen Untersuchungen wurden zunächst verwendet zur Bestimmung der Siedetemperatur des käuflichen Sauerstoffs, der 7,6 $^0/_0$ Stickstoff enthält. Diese Bestimmung wurde ausgeführt einmal mit Hülfe eines in das Kondensationsgefäss einge-

schmolzenen Platinwiderstandes, andererseits mit Hülfe eines in eine Glasröhre eingeschmolzenen Thermoelementes, in welcher das Gas in einer 30 *cm* hohen Flüssigkeitssäule kondensirt war. In beiden Fällen fanden die Verfasser übereinstimmend die Siedetemperatur bei 760 *mm* Druck gleich — 183°,2. Auch eine direkte Beobachtung mit dem Luftthermometer ergab ein hiermit zusammenfallendes Resultat. Diesem Werthe stehen der von Wrobiewski zu — 181°,5 bei 740 *mm* Druck und der von Olszewski zu — 182°,5 bei Atmosphärendruck gefundene gegenüber.

Weiter benutzten die Verfasser ihre Untersuchungen zur Bestimmung der Schmelzpunkte einiger organischer Verbindungen. Die Schmelzpunkte wurden in der Art ermittelt, dass man ein Reagenzglas mit der zu untersuchenden Flüssigkeit füllte und unter Benutzung eines Bades flüssiger Luft die Thermoelemente in der Flüssigkeit einfrieren liess. Als Schmelzpunkt galt diejenige Temperatur, auf welcher dann beim Erwärmen die Substanz sich längere Zeit konstant erhielt. Die gefundenen Schmelzpunkte mögen hier aufgeführt werden:

Ammoniak	— 78°,8
Toluol	— 102°,0
Ameisensaures Methyl	— 107°,5
Schwefelkohlenstoff	— 112°,8
Aether	— 117°,6
Bromäthyl	— 129°,5

Andere untersuchte Substanzen, unter diesen die Alkohole, liessen keinen eigentlichen Schmelzpunkt erkennen; sie bildeten vielmehr bei tieferer Temperatur eine gallertartige Masse, die allmählich hart wurde. Am flüssigsten blieb bei tiefer Temperatur Petroleumäther.

Endlich bestimmten die Verfasser noch die Temperatur der flüssigen Luft mit einem Luftthermometer, in welches ein Platinwiderstand eingeschmolzen war. In Verbindung mit den obigen Ergebnissen lässt sich hieraus eine Vergleichung des Luftthermometers mit dem Wasserstoffthermometer ableiten mit folgenden Resultaten:

$t_{Wasserstoff}$	t_{Luft}	$t_{Wasserstoff} - t_{Luft}$
— 189°,9	— 190°,6	0°,7
— 186°,4	— 186°,9	0°,5

Die Luft ist demnach als ein vom Sättigungszustand entfernter Dampf aufzufassen, der den Gasgesetzen nahe folgt. *Schl.*

Ueber eine Bestimmung spezifischer Wärmen mittels des elektrischen Stromes.

Von A. Schlamp. *Wied. Ann.* **58.** *S. 759. 1896.*

Der Verfasser hat mit gutem Erfolg die von Pfaundler angegebene Methode zur vergleichenden Bestimmung der spezifischen Wärmen von Flüssigkeiten für höhere Temperaturen (93° bis 95°) angewendet. Die Methode besteht bekanntlich darin, einen elektrischen Strom durch zwei bekannte Widerstände, die in die zwei Flüssigkeiten eingesenkt sind, hintereinander fliessen zu lassen. Aus der Stromstärke und aus der auftretenden Erwärmung beider Flüssigkeiten lässt sich dann die spezifische Wärme der einen Flüssigkeit als Funktion der spezifischen Wärme der anderen berechnen. Die Methode ist bei solchen Substanzen, wie Naphtalin u. ä. bequem anwendbar, welche bei Zimmertemperatur noch fest sind.

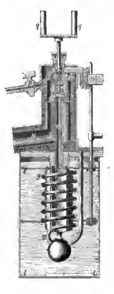
Schl.

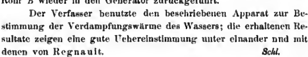
Studien über die Verdampfungswärme von Flüssigkeiten.

Von W. Louguinine. *Ann. de chim. et de phys.* (7) **7.** *S. 251. 1896.*

Das vom Verfasser beschriebene Kalorimeter ist im wesentlichen in kleineren Dimensionen nach denselben Prinzipien konstruirt, wie der grosse Apparat, dessen sich Regnault zu seinen Untersuchungen bediente. Bei der Konstruktion ist hauptsächlich der Gesichts-

punkt maassgebend gewesen, diejenige Wärme, welche dem Kalorimeter durch Leitung oder Strahlung zugeführt wird, möglichst genau bestimmen zu können. Zu diesem Zwecke wurde der Dampfentwickelungsapparat mit dem Kalorimeter in feste Verbindung gesetzt und nur durch die Stellung eines Ventils der Dampf entweder während der Vor- und Nachperiode ausserhalb des Apparates kondensirt oder während der Hauptperiode in das Kalorimeter geleitet. Die nebenstehende Figur giebt eine Uebersicht über die hauptsächlichen Einzelheiten. *ll* ist das eigentliche Kalorimeter, welches durch passende Umhüllungen nach aussen isolirt ist; in dasselbe führt das durch ein Kreuz *d'd'* gehaltene Dampfzuführungsrohr *c*, das sich in die Kühlschlange *gg* fortsetzt, in welcher der eingeleitete Dampf kondensirt und angesammelt wird; *d* ist das Ventil, welches durch eine von aussen durch *qq* bewegliche Schraube während der Vor- und Nachperiode auf *c* gepresst wird und damit die Dampfzufuhr zum Kalorimeter absperrt; während dieser Zeit entweicht der Dampf durch den Hahn *p* zu dem ausserhalb des Apparates liegenden Kondensator. Dem Ventil ist die Form einer übergreifenden Klappe gegeben, um zu verhindern, dass etwa an ihm kondensirte Flüssigkeit ins Kalorimeter gelangen könne; vielmehr wird dieselbe durch das abwärts geneigte Rohr *B* wieder in den Generator zurückgeführt.





Der Verfasser benutzte den beschriebenen Apparat zur Bestimmung der Verdampfungswärme des Wassers; die erhaltenen Resultate zeigen eine gute Uebereinstimmung unter einander und mit denen von Regnault. *Schl.*

Ein neuer Lorenz'scher Apparat.

Engineering **62.** *S. 409* und *Electrician* **37.** *S. 267. 1896.*

Die Lorenz'sche Methode, einen Widerstand absolut zu messen, besteht bekanntlich darin, dass man eine ebene Metallscheibe in einer stromdurchflossenen Spule rotiren lässt. Die Umdrehungsgeschwindigkeit der Scheibe wird so lange variirt, bis die induzirte elektromotorische Kraft gleich ist der Potentialdifferenz an den Enden des unbekannten Widerstandes, wenn derselbe mit der Spule in einen Stromkreis geschaltet ist. Der Widerstand berechnet sich dann aus dem Produkt von Induktionskoëffizient und Tourenzahl.

Um Messungen nach dieser Methode auszuführen, ist unter Leitung von Viriamu Jones von der Firma Nalder Brothers in London ein Apparat in grossartigem Maassstabe ausgeführt worden. Die Spule ist auf einen feingekörnten, gut paraffinirten Marmorzylinder von 53 *cm* äusserem, 38 *cm* innerem Durchmesser und 18 *cm* Länge gewickelt. In die Oberfläche desselben sind 200 halbzylindrische Rinnen für die Drahtwindungen mit grösster Sorgfalt eingeschnitten und ein blanker Kupferdraht in dieselben gebettet. Der Durchmesser der Spule wurde an 18 Stellen (von 10 zu 10 Grad) gemessen; der grösste und kleinste Werth unterscheidet sich um weniger als 0,02 *mm*. Die rotirende Scheibe, aus Phosphorbronze bestehend, hat eine Dicke von 5 *mm* und einen Durchmesser von 33 *cm*; die Messungen wurden an vier Durchmessern vorgenommen.

Die Stromzuleitung wird durch röhrenförmige, mit Quecksilber gefüllte Bürsten bewerkstelligt. Eine dieser Bürsten befindet sich im Mittelpunkt der Scheibe, drei andere sind an einem dreiarmigen Stern befestigt und besorgen den Kontakt an 3 um 120° auseinanderliegenden Punkten des Randes. Schaltet man ein Galvanometer zwischen zwei Bürsten, so kann man auf elektrischem Wege erkennen, ob Mittelpunkt der Scheibe und Mittelpunkt der Spule zusammenfallen. Die Grundplatte, auf welcher der Marmorzylinder ruht, lässt eine horizontale, eine vertikale Verschiebung und eine Drehung zu. Durch zwei Mikroskope und zwei Marken, die im gleichen Abstand von der Mittelebene der Spule auf derselben ge-

zogen sind, kann die Spule so justirt werden, dass ihre Mittelebene mit der Ebene der Scheibe zusammenfällt.

Die Drehung wird durch einen Elektromotor besorgt, der in genügender Entfernung aufgestellt ist. Um die Konstanz der Drehungsgeschwindigkeit zu kontroliren, trägt die Achse eine Trommel, auf welcher mehrere äquidistante Punktreihen gezeichnet sind; diese werden durch zwei Schlitze einer schwingenden Stimmgabel betrachtet. Zur Messung der Geschwindigkeit wird bei jeder Umdrehung ein Kontakt geschlossen, durch welchen die Umdrehungen gleichzeitig mit den Schlägen einer Sekundenuhr registrirt werden. Messungsergebnisse mit dem Apparate sind nicht mitgetheilt. *E. O.*

Eine direkt ablesbare Wheatstone'sche Brücke.

Von A. P. Trotter. *Electrician* **37.** *S. 691. 1896.*

Will man mit der Wheatstone'schen Brücke einen Widerstand bestimmen, so hat man aus den Ablesungen am Brückendraht den Quotienten $a/(1000-a)$ zu bilden und denselben mit dem Vergleichswiderstand zu multipliziren. Swinburne hatte nun eine Schaltungsweise beschrieben, durch welche man diese unbequeme Rechnung vermied und direkt am Brückendraht den Widerstand ablas (*Practical Electrical Measurements 1888*). Diese Anordnung hat Trotter in mehreren Punkten verbessert.

Zwei gleich lange Drähte aus Nickelstahl, von je 2 *Ohm* Widerstand, sind einander parallel auf einem Brett ausgespannt und auf der einen Seite durch einen gut leitenden Querbalken mit einander verbunden. Zwischen beiden befindet sich die in 200 Theile getheilte Skale in Form eines beweglichen Schlittens. Auf demselben ist in Höhe des Nullstriches ein Schleifkontakt angebracht, der gleichzeitig auf dem oberen Draht und einem

dritten zum Galvanometer führenden Draht entlang gleitet. Auf dem unteren Draht gleitet ebenfalls ein kleiner, mit Schleifkontakt versehener Schlitten, der mit einem Nonius versehen ist; derselbe ist auch mit dem Galvanometer verbunden. Der unbekannte Widerstand x ist an die beiden freien Enden der Nickelstahldrähte angelegt und die Batterie mit den Enden des oberen Drahtes verbunden. Bezeichnet man dann die Länge der Drähte durch die in die Figur eingezeichneten Buchstaben, so ist das Galvanometer stromlos, wenn

$$(x+e)/a=(c+d)/b; \text{ da aber } e=a-d \text{ und } c=b,$$

so folgt

$$(x-d)/a=d/b \text{ und } x=d\frac{a+b}{b}=d\times\text{konst.}$$

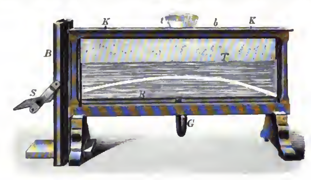
d ist gleich der Ablesung des Nonius an der verschiebbaren Skale. Durch Verschieben der Skale kann man der Konstanten jeden beliebigen Werth ertheilen. Es sind deshalb auf dem Schlitten Marken angebracht, welche einer festen Marke gegenübergestellt, dieser Konstanten die Werthe 2, 5, 10, 20, 100 ertheilen; dieselben sind mit „4, 10, 20, 40, 200 *ohms maximum reading*" bezeichnet. *E. O.*

Apparat zum Nachweis des krummlinigen Strahlengangs durch ein Mittel von ungleicher optischer Dichte.

Von H. Hartl. *Zeitschr. f. d. phys. u. chem. Unterr.* **9.** *S. 116. 1896.*

Der Apparat, der sich an eine Vorrichtung von Dähne anlehnt, besteht aus einem rings verglasten Troge T ($50\times 15\times 5$ *cm*), der auf zwei Holzfüssen steht. Eine Messingröhre R, die auf dem Boden des Troges liegt, ist unten mit mehreren kleinen Oeffnungen versehen und durch ein lothrechtes, in den Boden gekittetes Rohr mit einem

Gummischlauch *G* und durch diesen mit dem Trichter *t* verbunden, der gewöhnlich in einem Drahtbügel sitzt, welcher an der oberen hinteren Holzleiste angeschraubt ist. Durch diese Füllvorrichtung können in einigen Minuten die zu dem Versuche erforderlichen Flüssigkeiten übereinander geschichtet und später die einzelnen Schichten wieder abgezogen werden. Zur Herstellung der geschichteten Flüssigkeit werden reines Wasser und Chlorcalciumlösungen von 4, 8, 12 . . 40% benutzt. Die Lösungen, die ihrer Stärke entsprechend mit Ketonblau verschieden stark gefärbt sind, werden in Flaschen von 200 *ccm* aufbewahrt. Die Füllung beginnt mit dem Wasser und schreitet von den schwächsten zu den stärksten Lösungen fort, dabei senkt man den Trichter so tief, dass stets die Flüssigkeit bis zum Fusse des Trichterkegels reicht. Nach der Füllung des Troges, an dessen Rückwand eine matte Glasplatte angebracht ist, tritt der Bau der Flüssigkeit infolge der verschieden starken Färbung der einzelnen Schichten deutlich hervor. Man stellt den Apparat so in den Weg der Strahlen einer starken Lichtquelle, dass diese die Milchglasplatte ganz flach schneiden.



Der Apparat wird durch eine Blende beschattet, die aus zwei Brettchen *b* und *B* besteht. Ersteres wird auf zwei drehbare Drahtstifte *KK* aufgesetzt, die gleichzeitig die Milchglasplatte festhalten. In der Mitte von *B* ist eine lange rechteckige Oeffnung angebracht, über der ein rechteckiges Blech mit einem Spalte verschoben werden kann. Durch diesen Spalt wird mit dem Spiegel *S*, der nach allen Richtungen verstellbar ist, ein Strahlenbündel in den Trog geworfen, das seine krumme Bahn deutlich auf der Milchglasplatte abzeichnet. Den Apparat ohne Lösungen liefert der Mechaniker Julius Antusch in Reichenberg (Deutschböhmen) in sorgfältiger Ausführung für 23,50 M. *H. H.-M.*

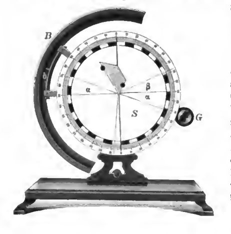
Die optische Scheibe.

Von Hans Hartl. *Zeitschr. f. d. phys. u. chem. Unterr.* **9.** *S. 113. 1896.*

Bei diesem Apparat wird ebenso wie bei dem von Szymański (*a. a. O.* **2.** *S. 62 u.* **7.** *S. 107*) das Strahlenband dadurch sichtbar gemacht, dass auf einer ebenen, weissen Platte von nahezu gleicher Richtung eine leuchtende Strahlenspur hergestellt wird. Seine wesentlichsten Theile sind eine weiss überzogene Scheibe *S*, die mit einer Gradtheilung versehen ist, und eine halbzylindrische Blende *B* aus schwarz angestrichenem Blech. Scheibe und Blende sind auf einer gemeinsamen Achse, jedoch unabhängig von einander drehbar angeordnet. Die Blende *B* besitzt eine rechteckige Oeffnung, die durch ein Blech mit einem Spalt oder ein Blech mit sieben parallelen Spalten bedeckt werden kann. Wird der Apparat in den Weg der von einer starken Lichtquelle ausgesandten Strahlen so gestellt, dass die Scheibe *S* gegen deren Richtung schwach geneigt ist, so zeichnen sich die Spuren der Strahlenbänder, die durch die Spalten des Bleches eindringen, scharf auf der Scheibe *S* ab, die durch die Blende beschattet wird. Mit der Scheibe *S* können verschiedene optische



Körper, wie Spiegel, Prismen, Linsen u. s. w. mittels zwei kleiner Knopfschrauben befestigt werden. In der Figur ist eine trapezförmige Glasplatte angebracht. Durch Drehen der Blende mittels des Metallgriffes *G*, der zugleich als Gegengewicht dient, werden die durch die Spalten eintretenden Strahlen auf die gewünschten Stellen des aufgeschraubten optischen Körpers geworfen und dann durch Drehen der Scheibe *S* der Einfallswinkel der Strahlen geändert. Kleine Federn, die an den Spaltblechen angebracht sind, gestatten, die Einlassspalten mit farbigen Gläsern zu bedecken und so für einzelne Versuche annähernd einfarbiges Licht herzustellen. Mit dem Apparat lassen sich auf einfache und anschauliche Weise die Erscheinungen der Spiegelung, der Brechung, der Farbenzerstreuung und des Regenbogens vorführen. Der Apparat wird von J. Antusch in Reichenberg (Deutschböhmen) sorgfältig hergestellt.



H. H.-M.

Neuerungen an Mikrotomen und Hülfsapparaten.

Zeitschr. f. wissenschaftl. Mikroskopie **12.** *S. 295, 442 u. 447. 1896.*

Auf *S. 442 a. a. O.* beschreibt P. Schiefferdecker einige neue Nebenapparate, welche Jung zu seinen Mikrotomen herstellt. Bei diesen erfolgte bekanntlich die Höhenverstellung durch Verschiebung des Objektträgers auf zur Messerführung geneigter Bahn mittels Mikrometerschraube, deren Kopf mit Kerbtheilung und stellbarer Einschnappvorrichtung versehen war; nach Ausnützung der Schraubenlänge musste dann die Schraube zurückgedreht werden. *A. a. O.* wird eine Mikrometereinrichtung zu gleichem Zweck beschrieben, deren Mikrometerschraube mittels eines auf ihr befestigten Sperrrades und eines zwischen stellbaren Anschlägen hin und her beweglichen Sperrhebels um jeden gewünschten, an einer Kopftheilung einstellbaren Winkel gedreht werden kann. Mittels eines zweiten Hebels wird die zweitheilige Mutter geöffnet, wenn die Schraubenlänge ausgenützt ist, sodass dann die Schraubenspindel in Richtung ihrer Achse verschoben und so schnell in die Anfangsstellung zurückgebracht werden kann.

Ein ebenda beschriebener Messerhalter gestattet, das mit zwei Schrauben in dem Längsschlitz eines zylindrischen Körpers befestigte Messer mit letzterem zu drehen und so die Neigung der Messerfläche gegen die Schnittebene passend einzustellen.

Eine Vorrichtung zum Abziehen des Messers besteht aus zwei der Länge nach gekröpften und übereinandergreifenden Linealen, welche den Rücken des Messers fest umschliessen, wenn man sie mittels zweier Muttern mit einander verbindet. Zu diesem Behufe sind in dem einen Lineal in der von der Schneide abgewendeten Richtung zwei Schraubenzapfen, in dem andern zwei entsprechende Bohrungen vorgesehen, durch welche jene Zapfen ragen.

Ein Apparat zum Strecken der Paraffinschnitte, den Nowack *ebenda* beschreibt, besteht aus einem oben offenen Blechkasten, an welchen ein zweiter tieferer, verdeckter Kasten gelöthet ist; in diesem, der mit ersterem kommunizirt, wird das Wasser durch eine Gasflamme erwärmt, deren Speisung unter der Mitwirkung eines eingesenkten Thermoregulators erfolgt. So erhält man ein konstantes Bad von der gewünschten Temperatur, auf dessen Oberfläche sich die aufgelegten Paraffinschnitte gut strecken.

Eine Neuerung am Reichert'schen Schlittenmikrotom beschreibt Starlinger *a. a. O.*

S. 295, welche in der mechanischen Messerführung unter Anwendung einer Gliederkette als Zugorgan besteht. Die Kette ist über zwei Räder, deren eines, das Antriebrad, entsprechend gezahnt ist, geführt und ihre Enden sind am Messerschlitten befestigt. Der Vorzug gegenüber der Bewegnng dnrch Schnüre liegt hier im Fortfall jeder stärkeren elastischen Dehnung. *P.*

Neu erschienene Bücher.

Adolph Wüllner, Lehrbuch der Experimentalphysik Bd. 2. Die Lehre von der Wärme. Fünfte, vielfach umgearbeitete und verbesserte Auflage. gr. 8°. XII, 935 Seiten m. 131 Abbildungen. Leipzig, B. G. Teubner. 1896. 12,00 M.

Wie bereits bei der Besprechung des ersten Bandes (*diese Zeitschr. 15. S. 227. 1895*) erwähnt, ist bei der nenen Auflage des Wüllner'schen Lehrbnchs der Experimentalphysik die Wärme in den zweiten Band gekommen, au Stelle der Optik, wolche wegen der elektromagnetischen Lichttheorie hinter der Elektrizitätslehre im vierten Band behandelt wird. Die fünfte Auflage ist durch Berücksichtigung der neueren Untersuchungen auf dem Gebiete der Wärme wesentlich erwoitert und ergänzt worden. So hat z. B. die Verwendung der Thermoelemente zur Messung sehr hoher und sehr tiefer Temperaturen im ersten Kapitel (Thermometrie und Ausdehnung) gebührende Berücksichtigung erfahren.

Die Messungen von Amagat über die Kompression der Flüssigkeiten und Gase bei verschiedenen Temperaturen und im Anschluss daran über die Ausdehnung der Flüssigkeiten bei verschiedenem Druck sind wegen ihrer theoretischen Wichtigkeit für die Zustandsgleichung der Gase eingehend behandelt. Für die Wasserausdehnung haben die in guter Uebereinstimmung stehenden neueren Messungsreihen und ihre Ergebnisse Aufnahme gefunden. Die Behandlung der Thermometrie entspricht nicht ganz den heutigen Anschannngen; besonders finden sich übor die Quecksilberthermometer manche unkorrokte Angaben. Vor Allem vermisst man eine knappe und leicht verständliche Darlegnng des praktischen Gebranchs dieses wichtigen Instruments unter Berücksichtignng seiner Korrektionen; auch ist zu bedauern, dass die Angaben darüber in verschiedene nnzusammenhängende Paragraphen, z. Th. sogar in vorschiedene Kapitel auseinandergerissen sind. Im zweiten Kapitel, Fortpflanzung der Wärme, ist aus der Strahlung alles entfernt worden, was nicht zur Emission und Absorption gehört; das Uebrige wird in der Optik behandelt. Nen aufgenommen sind die Weber'schen Untersuchungen über die Wärmeleitnng der Flüssigkeiten, ebenso die zahlreichen Versuche über die Wärmeleitung der Gase. Von Messinstrumenten ist neben der Thermosäule besonders das Bolometer näher besprocheu. Das dritte Kapitel, Mechanische Wärmetheorie, ist fast völlig unverändert geblieben, dagegen hat das vierte, Spezifische Wärme, durch Aufnahme des grossen, jetzt vorliegenden Beobachtungsmaterials bedentende Erweiterungen erfahren; unter Anderem ist auch die Bestimmung der spez. Wärme durch den galvanischen Strom hinzugekommen. Beim fünften Kapitel, Veränderung des Aggregatzustandes durch die Wärme, wird jetzt auch die physikalische Chemie theoretisch und experimentell berücksichtigt, soweit es nicht zu sehr in chemisches Gebiet führt; dasselbe gilt auch für das letzte Kapitel, Wärmeentwickiung durch chemische Prozesse. Dementsprechend wird die Theorie der Lösungen von van't Hoff und ihre Anwendung zur Berechnung der Spannkraftsverminderning besprochen. Unter den Tabellen für die Spannkraft des Wasserdampfs resp. Abhängigkeit der Siedetemperatur des Wassers vom Barometerstand hätte die nen berechnete Tabelle von Wiebe Aufnahme finden dürfen, da die Regnault'schen Zahlen nicht ganz richtig sind.

Im Allgemeinen darf man mit dem Dargebotenen zufrieden sein; man gewinnt einen gnten Ueberblick über den jetzigen Stand der Wärmelehre. Zahlreiche Literaturangaben ermöglichen es, auf die Quellen zurückzugehen, wo das Bnch selbst nicht ausführlich genug ist. Eine Aeusserlichkeit sei noch erwähnt, nämlich die ungewohnte und wohl kaum empfeh-



lenswerthe Schreibweise Clausiussche, Fahrenheitsche etc., welche durchweg angewandt wird. Dem Bande ist ein Sach- und Namensregister beigefügt; dasselbe ist auch nachträglich für den ersten Band erschienen. *W. J.*

Veröffentlichung des königl. preussischen geodätischen Institutes. Bestimmung der Polhöhe u. der Intensität der Schwerkraft auf 22 Stationen von der Ostsee bei Kolberg bis zur Schneekoppe. Lex.-8°. XIV, 288 S. m. 4 Taf. Berlin, P. Stankiewicz. 15,00 M.

Veröffentlichung des königl. preussischen geodätischen Institutes u. Centralbureaus d. intern. Erdmessung. Die europ. Längengradmessg. in 52 Grad Breite von Greenwich bis Warschau v. A. Börsch u. L. Krüger. gr. 4°. VII, 205 S. m. 3 Fig. Berlin, P. Stankiewicz. 13,50 M.

Veröffentlichungen der grossherzogl. Sternwarte zu Karlsruhe. Hrsg. v. Prof. Dr. W. Valentiner. 5. Hft. Imp.-4°. XXIV, 291 S. Karlsruhe, G. Braun in Komm. 20,00 M.

Annalen der kaiserl. Universitätssternwarte in Strassburg. Hrsg. v. Dir. E. Becker. 1. Bd. gr. 4°. V, XCVIII, 340 S. m. 9 Lichtdr.-Taf. Karlsruhe, G. Braun in Komm. 20,00 M.

E. Hegemann, Uebungsbuch f. d. Anwendung der Ausgleichsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate auf die praktische Geometrie. gr. 8°. IV, 156 S. m. 37 Abbildgn. Berlin, P. Parey. Geb. in Leinw. 5,00 M.

G. Ferraris u. R. Arnò, Ein neues System zur elektrischen Vertheilung der Energie mittels Wechselströmen. Uebers. v. C. Heim. gr. 8°. 31 S. m. 14 Abbildgn. Weimar, C. Steinert. 1,35 M.

W. Jordan, Handbuch der Vermessungskunde. 3. Bd. Landes-Vermessg. u. Grundaufgaben der Erdmessg. 4. Aufl. gr. 8°. XX, 593 u. 64 S. m. Fig. Stuttgart, J. B. Metzler's Verl. 12,80 M.

A. Breusing, Nautische Hülfstafeln. 6. Aufl. Hrsg. v. Dr. C. Schilling. gr. 8°. 325 S. mit 2 Karten. Bremen, M. Heinsius Nachf. 6,00 M.; geb. in Halbfrz. 8,00 M.

S. P. Thompson, Die dynamoelektr. Maschinen. Ein Handbuch f. Studirende d. Elektrotechnik. 5. Aufl. Deutsche Uebersetzg. v. C. Grawinkel. Nach dem Tode des Uebersetzers besorgt von K. Strecker u. F. Vesper. Mit 520 in den Text gedr. Abbildgn. u. 19 grossen Fig.-Taf. 1. Thl. gr. 8°. VII, 374 S. Halle, W. Knapp. 12,00 M.

Sammlung elektrotechnischer Vorträge. Hrsg. v. E. Voit. 1. Band. In 12 Heften. 2. Heft. gr. 8°. Stuttgart, F. Enke. Der Band 12,00 M.; Einzelpreis 1,00 M.

2. Grundlagen f. die Berechnung u. den Bau v. elektr. Bahnen u. deren praktische Benutzung. Von M. Corsepius. S. 75—114. 1,00 M.

C. F. Stebbing, *Navigation and nautical Astronomy.* 8°. 340 S. mit Fig. London 1896. In Leinw. geb. 8,80 M.

F. Tisserand, *Rapport annuel sur l'état de l'Observatoire de Paris pour l'année 1895.* 4°. 30 S. mit 3 Fig. Paris 1896. 2,00 M.

Notiz.

Da Herr Heele bei der Vorführung seines neuen Polarisationsapparates (*diese Zeitschr. 16. S. 269. 1896*) Schutzvorrichtungen gegen die Erhellung des Zimmers durch die Beleuchtungslampe nicht erwähnte, so hielt ich es in meiner Besprechung für angezeigt, auf den Nutzen einer derartigen Vorrichtung hinzuweisen. Erst nachträglich erfuhr ich, dass eine solche — und zwar in der von mir vorgeschlagenen Form — bereits vorhanden war. Ich freue mich, konstatiren zu können, dass bei der von Herrn Heele gewählten Anordnung die Beleuchtungsvorrichtung zu keinerlei Bedenken Veranlassung geben dürfte. *Dr. E. Gumlich.*

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Antwort

auf die Entgegnung der Herren Rollet und Zoth

von

Prof. Dr. Georg W. A. Kahlbaum.

Noch bevor ich den Sonderabdruck meiner Bemerkungen zu den sog. Verbesserungen an meiner Quecksilberpumpe durch die Herren Egger, Rollet und Zoth, in der Zeitschrift für Instrumentenkunde, abgesandt hatte, ging mir von Graz eine im Selbstverlag von Rollet und Zoth erschienene Entgegnung zu, in welcher nicht einer meiner Einwände auch nur scheinbar widerlegt wird. Dagegen gefallen sich die Herren Verfasser in unpassenden Wendungen, ungenauen Citaten und versteckten Verdächtigungen, auf welche ich, so durchaus zuwider mir derartiges auch ist, noch einmal zurückkommen muss.

Zunächst will ich an einem Beispiel zeigen, wie wenig sich Prof. Rollet über die Pumpe und die von mir übernommenen Einrichtungen überhaupt klar ist. Ich habe behauptet, die Fallröhren springen bei längerem Arbeiten. Diese Thatsache ist all den vielen, die mit meinen Pumpen gearbeitet haben, längst bekannt und wird auch von Herrn Krafft,[1]) der mit der Baho'schen Sprengel-Pumpe neuerdings Versuche angestellt hat, ausdrücklich bestätigt. Herr Rollet bestreitet das. Er wird mir gestatten, ihn über diesen Widerspruch zu belehren. Schliesslich springen alle Röhren. Bei dem Aufschlagen des fallenden Quecksilbers auf das, die Barometerhöhe im Fallrohr haltende Quecksilber, finden elektrische Entladungen statt. (Elektrische Erscheinungen sind übrigens in der ganzen Pumpe zu beobachten, wie das auch von Krafft bemerkt worden ist.) Durch die beim Aufschlagen sich entwickelnden Funken wird das Glas in ganz feinen Kanälchen durchbohrt, die endlich dahin führen, dass das Glas bricht. Wie gesagt, findet das endlich immer statt. Der Zeitpunkt, in welchem dieses Zerspringen eintritt, hängt unter sonst gleichen Umständen von dem Verdünnungsgrad, in welchem gearbeitet wird, ab. Zeigen sich noch Luftbläschen in dem Fallrohr, so dienen diese als Luftkissen, verhindern das direkte Aufschlagen des fallenden Quecksilbers und vermindern damit die Entladungserscheinungen.

Wenn also Herr Rollet „Fallrohre, die schon hunderte von Stunden benutzt worden sind“, verwenden konnte, ohne dass dieselben sprangen, so ist das nur ein Zeichen dafür, dass er die Verdünnung nicht sehr weit getrieben hat. Und das ist in der That bei der Blutgasanalyse, ich habe darauf bereits in den „Bemerkungen“ aufmerksam gemacht, nicht nötig. Gerade darum aber ist auch die Verwendung der doppelten Luftfänge ebenso wie das feste Anbringen des Volumometers, wie ich sagte, „vollständig verfehlt.“ Die Pumpe hat entweder dem Zwecke weitester Evacuation zu

---

[1]) Krafft und Weilandt, Deutsch. chem. Gesell. Ber., Bd. 29 1896 pag. 1316.

dienen, dann sind doppelte Luftfänge und Volumometer gerechtfertigt, dann springt aber auch das Fallrohr; oder aber, man verzichtet auf weitgehende Verdünnungen, dann sind beide genannten Complikationen vollständig verfehlt, dafür springt aber dann auch das Fallrohr erst nach viel längerem Gebrauche.

Die Herren Rollet und Zoth gehen sich den Anschein, als glaubten sie pekuniäre Interessen hätten mir meine „Bemerkungen" in die Feder diktiert; das ist einmal für den Geist, der diese zwei Männer der Wissenschaft beseelt, äusserst bezeichnend und wird zudem hübsch durch die Thatsache illustriert, dass das Exemplar, in welchem Rollet und Zoth meine Pumpe kennen lernten, von mir dem physikalischen Institut zu Graz geschenkt worden ist. Dass ich auch sonst weit davon entfernt bin, den „Erfindern" Rollet, Egger und Zoth den Verdienst zu schmälern, geht daraus hervor, dass es mir nicht eingefallen ist, auch nur den Versuch zu machen gegen das auf *meine* Pumpe von Graz aus angemeldete Patent, das, irre ich mich nicht, am 24. April vollzogen wurde, Einspruch zu erheben. Weiter mag mein Standpunkt durch das Folgende gekennzeichnet werden: Am 21. März sandte ich an Herrn Dr. Lindeck, Redaktor der Zeitschrift für Instrumentenkunde, eine erste „Bemerkung" ein, dieselbe ging mir seitens des Herrn Redaktors mit der Bitte wieder zu, alle persönlichen Bemerkungen zu streichen. Ich erkannte die Berechtigung dieses Wunsches ohne Weiteres an und strich wie verlangt wurde. Der Schluss dieser ersten Redaktion lautete wörtlich: „Die Herren Egger, Rollet und Zoth mögen ihre Pumpe ausstaffieren und nennen wie sie wollen, ich verbitte mir aber ausdrücklich, dieses jeder vernünftigen Konstruktion hohnsprechende Monstrum mit meinem Namen in Verbindung zu bringen."

Wogegen ich mich also von Anfang an gewendet habe, und mich noch wende, ist der Missbrauch, der mit meinem Namen getrieben wird. Dass die Herren Rollet und Zoth dies auch sehr wohl bemerkt haben, erhellt daraus, dass sie in ihrer Entgegnung die Pumpe nun erfreulicher Weise als „Grazer Blutgaspumpe" bezeichnen. Hätten sie das von Anbeginn an gethan, so würde es mir nicht beigefallen sein, auch nur ein Wort der Kritik an diese unmögliche Konstruktion zu verschwenden.

Unpassende Wendungen: Die Herren Rollet und Zoth gebrauchen von dem Besuch des Herrn Dr. v. Wirkner den Ausdruck „auf Kundschaft". Das ist unpassend. Kundschafterdienste werden von anständigen Leuten nicht geleistet. — Die Thatsache ist folgende: Am 14. September schrieb ich an Herrn Rollet, eine Antwort erhielt ich nicht. Da mein damaliger Assistent Herr Dr. v. Wirkner 3 Wochen später nach seiner Heimatstadt Graz reiste, ersuchte ich ihn Herrn Rollet aufzusuchen und um Aufklärung zu bitten. Darf man das „auf Kundschaft" gehen nennen! Der Besuch fand am 9. Oktober statt. In einem Brief vom gleichen Tage schreibt mir Herr Dr. v. Wirkner: „Eben komme ich von Rollet, der mich äusserst liebenswürdig empfangen hat, und sich sehr entschuldigte, dass er bisher Deinen Brief noch nicht beantwortet hat. . . . Aus allem konnte ich also wohl entnehmen, dass er mit Deinem Vorschlag (gemeinschaftliche Veröffentlichung) einverstanden sein wird." Das war der Eindruck, den Herr Dr. v. Wirkner von seinem Besuch bei Herrn Rollet mitgenommen hatte. Der Name des Herrn Dr. Zoth, der nach Rollets 6 Tage nach der Unterredung an mich gerichteten ersten Briefe die Beschreibung der Pumpe schon vor den Ferien in Angriff genommen haben sollte, wurde in dem Gespräch mit Dr. v. W. gar nicht erwähnt. Und das ist natürlich, denn aus pag. 72 und 74 der Zeitschrift für Instrumentenkunde geht hervor, dass Herr Zoth die Versuche für die Publikation erst am 30. Oktober, am 6., 15. und 22. November, also zwei Monate nach meinem Brief und ein Monat nach dem Besuch des Herrn Dr. v. W. angestellt hat.

Ungenaue Citate: Herr Rollet citiert aus meinem Brief, lässt aber fort: 1. dass, wie ich ihm schrieb, man mich nach meinem Vortrage in Bern auf Grund der Bemerkung des Herrn Kollegen Max Cremer aus München **aufgefordert** hatte, mit ihm in Verbindung zu treten. An der Pumpe selbst war für die Blutgasanalyse nichts zu ändern. Der eigentliche Entgasungs- und Trocknungsapparat hätte dagegen erst konstruiert werden müssen; dazu sollte der Rollet'sche, der an meine Pumpe einfach mittelst Schliff angesetzt werden konnte, wie das denn in der That auch durch Herrn Zoth geschieht, verwendet werden. Da, wie Herr Cremer versicherte, derselbe gut wirkte, wäre jedwede Neukonstruktion unnütze Zeit- und Arbeitsvergeudung gewesen. 2. Hat Rollet da, wo er meinen Vorschlag unter gemeinsamem Namen zu veröffentlichen citiert, aus meinem Brief den Satz fortgelassen: „wie das in ganz dem gleichen Fall von Kossel und Raps geschehen ist." Der Fall war auch zu schlagend. Von Herrn Raps rührte die Pumpe, von Herrn Kossel der Entgasungsapparat her, also ganz das gleiche Verhältnis wie bei Herrn Rollet und mir. Daran wurde Herr Rollet natürlich nicht gerne erinnert.

In meinen Bemerkungen sage ich: „Ohne meine Autorisation . . . . haben die Herren Egger, Rollet und Zoth Veränderungen an der mir patentierten Pumpe vorgenommen." Herr Rollet macht daraus: „Herr Prof. Kahlbaum meint in seiner neusten Publikation, ... dass man sich bei ihm eine **Autorisation** für wissenschaftliche Arbeiten und Veröffentlichung holen müsste." Was ich gesagt und gemeint habe, ist völlig klar. Es ist nicht gestattet, ohne Autorisation des Patentinhabers einen Apparat zu verbessern, wenn die wesentlichsten Teile desselben erhalten bleiben, daher der Name Abhängigkeits- und Zusatzpatente. Um Autorisation zu wissenschaftlichen Arbeiten handelt es sich gar nicht.

Versteckte Verdächtigungen: Herr Rollet sagt: „Bekanntlich ist ja auch die Kahlbaum'sche Pumpe nur eine für bestimmte Zwecke umgebaute Quecksilberluftpumpe von Santel, dem die Priorität des Prinzipes der Hebung des Quecksilbers in den luftverdünnten Raum über Barometerhöhe durch Einschaltung von Luftblasen allein und ausschliesslich gebührt. — Warum der eine von uns ganz entschieden eine gemeinschaftliche Veröffentlichung abgelehnt hat, dürfte jetzt ohne nähere Beleuchtung ziemlich klar sein."

Ja, es ist in der That klar, Herr Rollet erlaubt sich damit die Verdächtigung auszusprechen, als hätte ich an Hrn. Santels Erfindung ein Plagiat begangen, und er versucht das durch einen, in der Schweiz würde man sagen „bemühenden", Taschenspielercoup zu erhärten. Er bringt bei Santel eine Anmerkung, welche lautet: „A. Santel, eine Quecksilberluftpumpe, Zeitschrift für Instrumentenkunde Bd. 13, S. 93. Jahresbericht des Görzer Gymnasiums vom Jahr 1883." Daraus dass hinter Zeitschrift für Intrumentenkunde die Jahreszahl 1893 fortgelassen wird und der Jahresbericht 1883 des Görzer Gymnasiums angeführt wird, soll offenbar der Eindruck hervorgerufen werden, als wenn der Apparat des Herrn Prof. Santel noch vor der Veröffentlichung meiner Pumpe in einer verbreiteten Zeitschrift bekannt gegeben worden wäre. Das ist aber durchaus nicht der Fall. Das Patent meiner Pumpe wurde am 15. Sept. 1891 eingegeben. Die Veröffentlichung des Herrn Santel in der Zeitschrift für Instrumentenkunde erschien im März 1893! Muss ich wirklich erst versichern, dass mir in Basel der Jahresbericht des Gymnasiums in Görz vom Jahr 1883 nicht zu Gesicht gekommen ist? — Ich darf mich in der Beziehung auf eine Autorität berufen. Wenn ich mich nicht irre, hörte ich überhaupt zuerst auf irgend einer Naturforscher-Versammlung, ich weiss nicht mehr auf welcher, von Herrn Santels Apparat durch Prof. Boltzmann, den ich um Verzeihung bitte, ihn in diese

unerfreuliche Diskussion hineinziehen zu müssen. Herr Prof. Boltzmann, der Schwager des Herrn Prof. Santel, sagte mir wörtlich: *„Natürlich konnten Sie von Santels Apparat nichts wissen."* Santels Apparat ist eben nur in dem Görzer Gymnasialprogramm erschienen und wird sonst nirgends erwähnt, weder in Widemanns Beiblättern, noch im Jahresbericht, noch sonst irgendwo. Wie kann man sich da erlauben, Jemandem den Vorwurf, ein Plagiat begangen zu haben, zu machen. Ich habe den Weg, auf dem ich zur Anwendung von Mischluft zum Heben des Quecksilbers über die Barometerhöhe gekommen bin, mit folgenden Worten angegeben: *„Oft genug, und nicht immer zur Befriedigung, war beobachtet worden, dass beim Messen der Leistungsfähigkeit der kleinen Wasserluftpumpen mittelst der Barometerprobe, durch vorzeitiges Fortziehen oder unruhiges Halten des Quecksilbergefässes, Luft, in die Messröhren gelangend, das Quecksilber weit über 760 mm in die Wasserpumpen gerissen wurde. Diese unerwünschte Leistung beigemischter Luft wurde in Dienst zu stellen versucht, und in der That gelang es sehr bald, durch Zuführung von Mischluft das Quecksilber weit über die gewohnte Grenze zu heben, ohne Anwendung von Druckluft oder Ventilen irgend welcher Art."* [1]) Diese Worte wurden im August 1892 bei Gelegenheit meines Aufenthaltes in Gelnhausen geschrieben, als ich daselbst meine Pumpe für die Glühlampenfakrikation einrichtete, d. h. also noch bevor ich von Herrn Santels Erfindung irgend etwas wissen konnte.

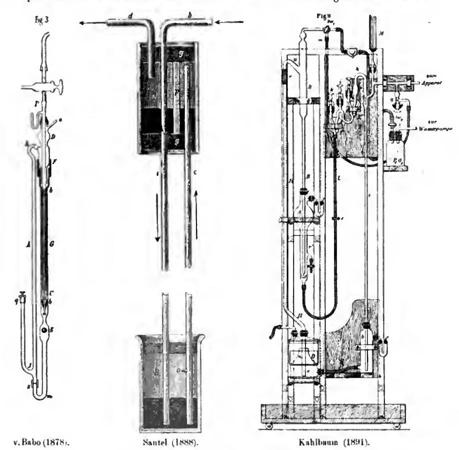
Späterhin wurde ich darauf aufmerksam gemacht und neuerdings ist Herr Prof. Krafft in Heidelberg darauf zurückgekommen, dass Prof. L. v. Babo in seiner „Kombination der gewöhnlichen Wasserluftpumpe mit der Sprengel'schen Quecksilberluftpumpe" ebenfalls Mischluft zum Heben des Quecksilbers verwandt hat. Diese Pumpe ist beschrieben worden in den Verh. der Naturf. Ges. zu Freiburg i. B. 1878 und darüber referiert in der Zeitschrift für analytische Chemie Bd. 19 vom Jahr 1880. Was würde Herr Prof. Santel wohl sagen, wenn ich ihn daraufhin eines Plagiates an Herrn v. Babo zeihen würde? Und Herr Santel selbst wird mir zugestehen müssen, dass doch die Freiburger Verhandlungen und Fresenius' Zeitschrift wesentlich weiter verbreitete Zeitschriften sind als der Jahresbericht des Gymnasiums in Gœrz! — Ebenso wie Herr Santel selbstständig auf den Gedanken, das Quecksilber über die Barometerhöhe durch Zuführen von Mischluft zu heben, gekommen ist, ebenso bin ich es, und ebenso ist es auch Herr v. Babo; denn, wie aus einem Einwurf gegen meine Patentanmeldung zu ersehen war, ist der Gedanke durch Anwendung von Mischluft eine Flüssigkeit über die durch das spezifische Gewicht und den atmosphärischen Luftdruck gegebene Greuze zu heben, noch beträchtlich älteren Datums als die Babo'sche Anwendung dieses Prinzipes vom Jahre 1878. [2]) Ich muss mich also gegen die ungebührliche Verdächtigung des Herrn Rollet auf das allerernstlichste verwahren.

Wenn nun Herr Rollet dem eben abgehandelten Passus seiner „Entgegnung" sich noch anzufügen erlaubt: „Es wäre verlockend dem Herrn Prof. Kahlbaum etwas persönlich zu antworten, allein das thun wir nicht," so kann ich dem Herrn Rollet zu diesem Entschluss nur meinen herzlichsten Glückwunsch ausdrücken, denn ich versichere ihm, dass ich die Antwort nicht schuldig geblieben wäre, und das Kind ausserordentlich deutlich bei dem rechten Namen genannt hätte.

Was die Babo'sche Pumpe anbetrifft, so muss ich sogar zugeben, dass ein Exemplar derselben sich in der physikalischen Sammlung des hiesigen Bernoullianums befindet, und dass Herr Prof. Krafft, jetzt in Heidelberg, wie ich mich nun wieder deutlich

[1]) Kahlbaum, Dampfspannkraftmessungen Bd. 1 pag. 163, Basel, Schwabe 1893.
[2]) Vgl. Reullaux, Geschichte der Dampfmaschine.

entsinne, vor etwa 16—18 Jahren, also zu einer Zeit, zu der ich schon in Basel war, mit dieser Pumpe Versuche angestellt hat,[1]) die aber, da sie bis zum Jahre 1896 nicht wieder aufgenommen worden sind, damals wohl nicht zur Zufriedenheit des mir als Experimentator nur im allerbesten Sinne bekannten Herrn Krafft ausgefallen sein müssen.



v. Babo (1878). Santel (1888). Kahlbaum (1891).

Bei der Konstruktion meiner Pumpe ist mir denn auch Babo's Pumpe gar nicht in den Sinn gekommen. Ich habe meine Pumpe erst für den Handbetrieb konstruirt und auf der Heidelberger Naturforscher-Versammlung 1889 als solche vorgeführt. Den unmittelbaren Anlass, sie in eine automatische Pumpe umzuwandeln, gab mir der äusserst vielfache und andauernde Gebrauch, den ich bei meinen Arbeiten von der Handpumpe machen musste und der meinen Diener den ganzen Tag über in Anspruch nahm. Ich gebe oben die 3 Abbildungen der Babo'schen, der Santel'schen und meiner Pumpe. Ein Blick auf diese 3 Abbildungen genügt, um die vollkommene

[1]) Die Pumpe im Bernoullianum ist nicht mit der oben abgebildeten identisch; laut Inventar-Catalog wurde dieselbe 1876, d. h. 2 Jahre vor der Veröffentlichung v. Babo's, für 35 Franken angeschafft.

Unabhängigkeit der 3 Konstruktionen sofort deutlich zu machen. Ich behaupte, dass kein Mensch, der von der Babo'schen Konstruktion ausgeht, ja dieselbe nur kennt, zu meiner Pumpe kommen kann. Ich habe mich bemüht, grosse Mengen von Quecksilber weit über die Barometerhöhe, d. h. etwa 12—1300 mm hoch zu heben, in der Babo'schen Pumpe geschieht davon nichts; hier hindert ein Ventil das Aufsteigen des Quecksilbers in den eigentlichen Pumpenraum und die Pumpe wird in so kleinen Dimensionen ausgeführt, dass kaum die Barometerhöhe erreicht wird; darin liegt zweifelsohne ein Vorteil; auf die Mängel habe ich hier nicht einzugehen. Dieses Vorteils würde sich kein Mensch entschlagen, wenn er an der Babo'schen Pumpe eine Änderung vornimmt, er wird vielmehr, grad so wie das auch Herr Krafft gethan hat, diesen Vorzug beibehalten. Daraus aber, dass ich eine so grosse Maschine konstruirt habe, erhellt auch deutlich, dass ich, wie gesagt, an die mir 3 Lustra früher einmal unter die Hände gelaufene Babo'sche Pumpe auch nicht im entferntesten mehr gedacht habe.

Wenn Herr Rollet zuletzt scherzt, ich hätte nunmehr eine „Trutzpumpe in Scene gesetzt" so diene ihm zur Nachricht, dass die erste, nicht die einzige, Pumpe für physiologische Zwecke bereits März 1895 geliefert wurde.

Die Herstellung der Clichés hat die Drucklegung meiner Antwort verspätet.

Basel, den 20. Juni 1896.



Schweighauserische Buchdruckerei in Basel.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Redaktionskuratorium:

Geh. Reg.-Rath Prof. Dr. H. Landolt, Vorsitzender, Prof. Dr. A. Westphal, geschäftsführendes Mitglied, Prof. Dr. E. Abbe, Dr. H. Krüss.

Redaktion: Dr. St. Lindeck in Charlottenburg-Berlin.

XVI. Jahrgang. **Dezember 1896.** Zwölftes Heft.

Untersuchungen über die du Bois'sche magnetische Waage.

Von

Dr. A. Ebeling und Dr. Erich Schmidt.

(Mittheilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt, Abtheilung II.)

Zur Untersuchung der magnetischen Eigenschaften von Eisen- und Stahlsorten, deren Kenntniss immer mehr Bedeutung gewinnt, sind in neuerer Zeit eine Anzahl von Apparaten konstruirt worden, welche eine einfache und schnelle Bestimmung der magnetischen Kurven eines Materials erlauben. Diese Apparate liefern jedoch nur relative Angaben; um absolute Werthe zu erhalten, ist eine Aichung derselben nothwendig.

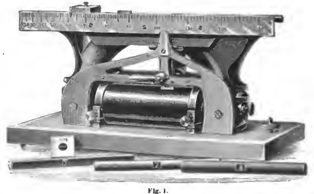


Fig. 1.

Im Folgenden soll über die Untersuchung eines dieser Apparate, der du Bois'schen magnetischen Waage, berichtet werden. Diese Waage ist in Fig. 1 perspektivisch, in Fig. 2 schematisch dargestellt, ihre Konstruktion und Benutzung ergiebt die Abhandlung von du Bois[1]) „Eine magnetische Waage und deren Gebrauch".

A. Prüfung der relativen Angaben der Waage.

In der magnetischen Waage wurden Stäbe verschiedenen Materials einem vollständigen Magnetisirungsprozess unterworfen. Mit Hülfe der gewonnenen Beobachtungsdaten erhielt man Kurven, welche die Beziehung zwischen der Magnetisirung $\mathfrak{J}$

[1]) *Diese Zeitschr.* **12.** *S. 404. 1892; Elektrotechn. Zeitschr.* **13.** *S. 579. 1892;* vergl. auch du Bois, Magnetische Kreise, deren Theorie und Anwendung S. 366. Berlin, J. Springer 1894, sowie Ewing, Magnetische Induktion. Deutsch von Holborn und Lindeck S. 332. Berlin, J. Springer 1892.

und der Feldstärke $\mathfrak{H}$ der magnetisirenden Spule geben. Beide Grössen wurden in absoluten Werthen des elektromagnetischen C.G.S.-Systems ausgedrückt. Um vergleichbare Resultate zu erhalten, ging man stets bis zu der in der Waage zulässigen höchsten Stromstärke von etwa 30 *Amp.*, die einer Feldstärke der magnetisirenden Spule von etwa 300 C.G.S.-Einheiten entspricht. Die bei Wiederholung des Magneti-

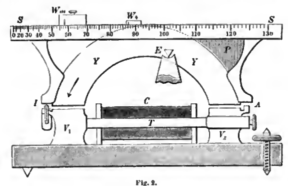


Fig. 2.

sirungsprozesses gewonnenen Kurvenschleifen ergaben für einen und denselben Stab unter sonst gleichen Bedingungen nur geringe Abweichungen, dagegen zeigten die vom unmagnetischen Zustande des Materials aufsteigenden Kurven bisweilen grössere Abweichungen; doch hat dies wohl vor Allem in der nur unvollkommenen Entmagnetisirung der Stäbe und der Waage seinen Grund.

1. Einfluss des erdmagnetischen Feldes.

Führt man für einen beliebigen Stab einen vollen zyklischen Magnetisirungsprozess aus, so findet man, dass die beiderseits der Abszissenachse verlaufenden Kurvenäste nicht identisch sind. Man sieht dies am besten, wenn man die negativen Magnetisirungswerthe $(-\mathfrak{J})$ als positive $(+\mathfrak{J})$ einträgt, indem man gleichzeitig bei den zugehörigen Werthen der Feldstärke die entgegengesetzten Vorzeichen benutzt. In Fig. 3[1]) stellen dies die ausgezogenen Kurven für einen Stab aus Walzeisen dar. Es ergab sich, dass in allen untersuchten Waagen bei einer bestimmten Feldrichtung stets derselbe, z. B. der höher verlaufende, Kurvenast erhalten wurde.

Auf Anregung des Herrn Präsidenten Kohlrausch, welcher als Ursache für die verschiedene Gestalt der beiden Kurvenäste bei positivem und negativem Strom den Einfluss der *Vertikal*-Komponente des Erdmagnetismus ansah, wurde der weiter unten angeführte Versuch angestellt, der diese Auffassung bestätigte. Die folgenden Betrachtungen geben eine Erklärung hierfür.

Die an der Waage abgelesenen Magnetisirungswerthe würden unter sonst gleichen Bedingungen bei beiden Feldrichtungen die gleichen sein, wenn allein die von der Spule herrührende Magnetisirung wirksam wäre. Erstens induzirt nun aber die Vertikalkomponente des Erdmagnetismus in den vertikalen Eisentheilen eine gewisse Magnetisirung. Da diese stets die gleiche Richtung hat, die von der Spule hervorgerufene Magnetisirung aber entsprechend der Stromrichtung ihren Sinn wechselt, so wird man im einen Falle die Summe beider Magnetisirungen, im anderen Falle

[1]) Der Abszissenmaassstab ist in dieser Figur viermal so gross als in den folgenden Figuren gewählt.

die Differenz derselben erhalten. Zweitens ist der freischwebende Waagebalken ein Magnet, auf den die Vertikalintensität ein mit der Stromrichtung wechselndes Drehungsmoment ausübt, welches in ähnlicher Weise eine unsymmetrische Wirkung zur Folge hat. Beide Wirkungen addiren sich, wie eine einfache Ueberlegung ergiebt.

Die Differenz der in beiden Fällen abgelesenen Magnetisirungswerthe ist, wie die gewonnenen Kurven zeigen, für eine bestimmte Schlitzweite innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler konstant, und zwar beträgt sie für die untersuchten Waagen bei der endgültigen Einstellung 40 bis 60 C.G.S.-Einheiten.

Es würde die Waage auch nach der Entmagnetisirung, über deren Ausführung in der Gebrauchsanweisung von Herrn du Bois Näheres angegeben ist[1]), nicht un-

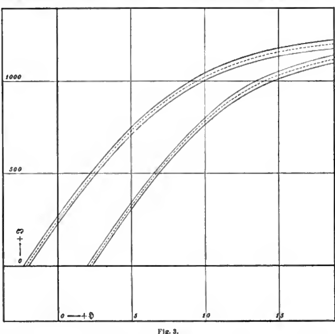


Fig. 3.

magnetisch sein, sondern sich in einem magnetischen Zustande befinden, der durch die Vertikalkomponente des Erdmagnetismus hervorgerufen wird.

Die Differenz der Magnetisirungswerthe für verschiedene Richtung des magnetisirenden Stromes in der Spule kann dadurch beseitigt werden, dass man ein dem Erdfelde entgegengesetztes magnetisches Feld unter oder über den Backen der Waage erzeugt. Bei einem diesbezüglichen Versuche wurde dies dadurch erreicht, dass man zwei Stabmagnete, deren Nordpole der Waage zugekehrt waren, senkrecht unter den beiden Backen der Waage aufstellte. Es ergab sich jetzt, dass bei geeignetem Abstande der beiden Magnetstäbe die beiden Kurvenäste für entgegengesetzte Richtung des magnetisirenden Stromes vollkommen übereinstimmten und übrigens mit der aus den differirenden Kurvenästen gewonnenen mittleren Magnetisirungskurve identisch waren. Die Kurve ist in Fig. 3 gestrichelt angegeben.

[1]) *Diese Zeitschr.* **12.** *S. 407. 1892.*

Diese Kompensation ist naturgemäss etwas variabel, da sie mit Aenderung der Vertikalintensität an einem anderen Beobachtungsorte geändert werden muss. Für den Fall, dass man keine Kompensirungsvorrichtung anbringt, welche für die Beobachtung immerhin bequem ist, hat man nur nöthig, die abgelesenen Werthe der Magnetisirung $\mathfrak{J}$ um die halbe Differenz der beiderseitigen Ablesungen zu vergrössern oder zu verringern, um die Mittelkurve zu erhalten.

Ein Einfluss der *Horizontal*-Komponente des Erdmagnetismus ist nicht zu erwarten und konnte auch nicht festgestellt werden, da bei einer Drehung der Waage in der Horizontalebene die Kurven sich nicht änderten.

2. Einfluss der magnetischen Streuung.

Da die du Bois'sche Waage einen mehrfach unterbrochenen magnetischen Kreis darstellt, so findet an allen Schnittflächen eine Streuung der magnetischen Kraftlinien statt. Die Grösse derselben ist abhängig von der Weite des betreffenden Luftschlitzes oder, wenn die beiden Theile in Berührung sind, von der Güte des Kontaktes.

Luftschlitze sind an der Waage nur zwischen den Backen V_1 beziehungsweise V_2 und dem Joch YY vorhanden (s. Fig. 2). Die Weite derselben lässt sich mit Hülfe der Schraube l verändern. Wegen der Ungleicharmigkeit der Waage ändern sich aber die beiderseitigen Schlitzweiten nicht in gleichem Maasse. Eine Verringerung bezw. Vergrösserung der Schlitzweite über V_1 hat eine nicht so starke Zu- bezw. Abnahme der Schlitzweite bei V_2 zur Folge. Im ersten Falle wird daher die Abnahme der Streuung, im zweiten die Zunahme überwiegen, d. h. es werden die abgelesenen Werthe der Magnetisirung im ersten Falle grösser sein als im zweiten. Die mit der Waage erhaltenen Magnetisirungskurven werden hiernach bei einer Verringerung der Schlitzweite links einer geringeren Scheerung bedürfen als bei Vergrösserung derselben. Dies zeigen auch die in Fig. 4 gezeichneten drei Kurven, welche für den auf- und absteigenden Ast eines Magnetisirungszyklus die Scheerung zwischen der absoluten und der in der Waage erhaltenen mittleren Magnetisirungskurve eines Materials darstellen, und zwar bei einer Weite des linken Schlitzes von etwa 0,7, 0,5, bezw. 0,3 *mm*.

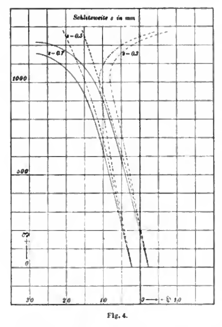


Fig. 4.

Eine merkliche Aenderung der Induktion innerhalb des *Stabes* trat bei diesen Aenderungen der Schlitzweiten, deren eine ja geringer wird, während gleichzeitig die andere sich vergrössert, nicht ein. Dies bewies eine gleichzeitig angestellte Messung, bei welcher die Induktionsstösse in einer unmittelbar auf den Stab gewickelten Sekundärspule bei jeder Aenderung der Feldstärke mittels eines ballisti-

schen Galvanometers bestimmt wurden. Die auf diese Weise erhaltenen Kurven zeigten bei verschiedenen Schlitzweiten der Waage keine wesentlichen Unterschiede.

Da nach Herrn du Bois[1]) das resultirende Drehungsmoment der Waage proportional dem Quadrate des Induktionsflusses — und unter den obwaltenden Umständen auch proportional dem Quadrate der Magnetisirung — in der Mitte des Stabes ist, und da die Ablesungen an einer quadratisch getheilten Skale erfolgen, so müssten also die ballistisch gewonnenen Kurven mit den in der Waage erhaltenen übereinstimmen. Dies ist auch der Fall, indessen nur bei einer bestimmten Schlitzweite von etwa 0,5 *mm*, wo übrigens die Scheerungslinien fast geradlinig verlaufen.

Schnittflächen, in denen die magnetischen Theile zusammenstossen, befinden sich in der Waage einerseits dort, wo der zu prüfende Stab die Backen V_1 und V_2 be-

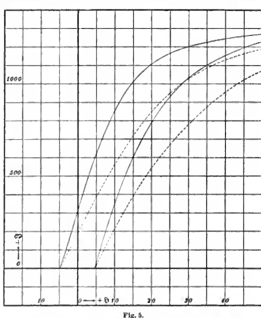


Fig. 5.

rührt, andrerseits dort, wo das Schlussstück in V_2 eingeschoben ist. Die Grösse der Strenung an diesen Stellen ist, wie bereits gesagt, abhängig von der Güte des Kontaktes. Je schlechter dieser ist, desto mehr werden die erhaltenen Magnetisirungsknrven gescheert werden müssen.

Es ist daher einerseits darauf zu achten, dass die Berührungsflächen möglichst sauber und frei von Rost sowie etwa anhaftendem Oele sind, andrerseits ist auf das möglichst ebene und parallele Abschleifen der Endflächen des zn nntersuchenden Stabes Sorgfalt zn verwenden. Dass anch bei einem sorgfältig abgeschliffenen Stabe durch schiefe Lage desselben unter Umständen recht erhebliche Aenderungen der Magnetisirungsknrven eintreten können, zeigt Fig. 5. In derselben ist die ausgezogene Kurve mit einem die Backen gut berührenden Stabe gewonnen, die gestrichelte dagegen, als das eine Ende desselben Stabes um etwa 2,5 *mm* gehoben war, was

[1]) *Diese Zeitschr.* **12.** *S. 405. 1892.*

einer Neigung desselben gegen die normale Lage um etwa 2° entspricht. Ein so schlechter Kontakt wird freilich wohl nur selten vorkommen.

3. Einfluss der Grösse des Querschnittes der Stäbe.

Für die in der Waage zur Untersuchung gelangenden Proben ist im Allgemeinen von Herrn du Bois ein Querschnitt von 1 *qcm* vorgeschrieben[1]). Bei Benutzung eines grösseren oder kleineren Querschnittes müssen die erhaltenen Werthe der Magnetisirung noch durch den betreffenden Querschnitt dividirt werden.

Von Wichtigkeit war es zu untersuchen, wie weit die bei geändertem Querschnitt der Stäbe erhaltenen Kurven mit den bei normalem Querschnitt gewonnenen übereinstimmen. Zu diesem Zwecke wurden mehrere Stäbe von normalem oder nahezu normalem Querschnitt, deren Magnetisirungskurve in der Waage bestimmt worden war, zunächst auf 0,8 *cm*, dann auf 0,6 *cm* Durchmesser abgedreht. Die nunmehr erhaltenen und auf normalen Querschnitt umgerechneten Kurven zeigten erhebliche Abweichungen von den zuerst gewonnenen. Dieser Unterschied ist jedoch zu vernachlässigen, so lange die Abweichung vom normalen Querschnitt unter 10 Prozent beträgt. Sollen daher die der Waage beigegebenen Scheerungskurven benutzt werden, so ist es, wie bereits im letzten Thätigkeitsbericht der Reichsanstalt[2]) erwähnt wurde, nothwendig, Proben von möglichst normalem Querschnitt zu verwenden.

B. Aichung der Waage.

Anfänglich[3]) stellte man aus dem gleichen Material, weichem schwedischen Schmiedeeisen, ein Ellipsoid und einen zylindrischen Stab von normalem Querschnitt her. Das Ellipsoid wurde nach der *magnetometrischen* Methode untersucht und gab die absoluten Magnetisirungskurven des Materials. Für den Stab wurden in der *Waage* die Magnetisirungskurven gewonnen. Die Unterschiede beider Kurven ergaben die Scheerungskurven für die betreffende Waage. Zur Kontrole wurde mit einem Ellipsoid und Stab aus weichem Stahl in gleicher Weise verfahren. Dabei erhielt man nicht die gleichen Scheerungskurven. Benutzte man nun die für das schwedische Schmiedeeisen gewonnenen Scheerungskurven, indem man mit denselben die in der Waage erhaltenen Magnetisirungskurven für weichen Stahl scheerte, so wichen die so erhaltenen Kurven von den mit Hülfe des Ellipsoids gewonnenen absoluten Magnetisirungskurven zwar ab, doch war der Unterschied in der Form wegen des hohen Werthes der Koërzitivkraft für weichen Stahl nicht beträchtlich.

Inzwischen hatte man gefunden[4]), dass Eisen- und Stahlsorten in den einzelnen Stücken eine grosse Ungleichmässigkeit aufweisen können. Jene Abweichungen in den Scheerungskurven konnten daher auch hierdurch eine Erklärung finden. Auf Grund dieser Erfahrungen wurde die Aichungsmethode in folgender Weise abgeändert.

1. Aichungsmethode[5]).

Aus einem bestimmten Material wurde ein Stab hergestellt und in einer Waage geprüft. Derselbe Stab wurde darauf zum Ellipsoid abgedreht und magnetometrisch

[1]) *Diese Zeitschr.* ***12.*** *S. 406. 1892.*

[2]) *Diese Zeitschr.* ***16.*** *S. 218. 1896.*

[3]) Vergl. den Bericht über die Thätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt in der Zeit vom 1. März 1894 bis 1. April 1895, *diese Zeitschr.* ***15.*** *S. 330. 1895.*

[4]) A. Ebeling und Erich Schmidt, *diese Zeitschr.* ***16.*** *S. 77. 1896; Wied. Ann.* ***58.*** *S. 330. 1896.*

[5]) Vgl. den Bericht über die Thätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt in der Zeit vom 1. April 1895 bis 1. Februar 1896, *diese Zeitschr.* ***16.*** *S. 127. 1896.*

untersucht. Dass durch die hierbei nothwendige Bearbeitung keine wesentliche Aenderung der magnetischen Eigenschaften des Materials eintritt, wenn das Material bereits vorher mechanisch bearbeitet ist, lässt sich nach den bisherigen Untersuchungen in der Reichsanstalt als wahrscheinlich annehmen. Um einen möglichst kleinen Entmagnetisirungsfaktor für die 15 *cm* langen Ellipsoide zu erhalten, wurden die Stäbe zunächst auf 0,6 *cm* Durchmesser und dann erst zu Ellipsoiden abgedreht.

2. Versuchsanordnung.

Das zu untersuchende Ellipsoid lag in der Mitte einer Magnetisirungsspule, welche auf einer Magnetometerbank horizontal verschoben werden konnte. Die Beobachtung geschah in der ersten Gauss'schen Hauptlage. Die Einwirkung der Magnetisirungsspule allein auf das Magnetometer wurde durch eine Kompensationsspule aufgehoben. Diese Spule diente ausserdem zur Bestimmung der Horizontalintensität des Erdmagnetismus.

Bei einem festen Abstande der Magnetisirungsspule vom Magnetometer wurden nun die durch das magnetisirte Ellipsoid bewirkten Ablenkungen des Magnetometers bei den verschiedenen Feldstärken beobachtet.

Um aus den beobachteten Werthen der Ablenkung und der Stromstärke die Magnetisirungskurven konstruiren zu können, war es nothwendig, die Werthe der innerhalb der Masse des Ellipsoids herrschenden Feldstärke $\mathfrak{H}$ und der zugehörigen Magnetisirung $\mathfrak{J}$ zu berechnen.

Die Feldstärke $\mathfrak{H}$ innerhalb des Ellipsoids ist mit der Feldstärke $\mathfrak{H}'$ im ungestörten Raum der Magnetisirungsspule durch die Gleichung verbunden:

$$\mathfrak{H} = \mathfrak{H}' - N\mathfrak{J}.$$

Hierin bedeutet N den Entmagnetisirungsfaktor des Ellipsoids; derselbe wurde für jedes Ellipsoid nach F. Neumann aus der Gleichung berechnet:

$$N = \frac{4\pi}{m^2-1}\left[\frac{m}{\sqrt{m^2-1}}\log\mathrm{nat}\,(m+\sqrt{m^2-1})-1\right],$$

wo m das Achsenverhältniss des Ellipsoids bedeutet.

Die Feldstärke $\mathfrak{H}'$ der 40 *cm* langen Spule ergab sich aus der Gleichung:

$$\mathfrak{H}' = 4\pi n i.$$

Hierin bedeutet n die Anzahl der Windungen auf 1 *cm* der Spulenlänge und i die Stromstärke in C.G.S., d. h. 1 *Amp.* $= 10^{-1}$.

Die Magnetisirungsintensität $\mathfrak{J}$ liess sich aus der Gleichung berechnen:

$$\mathfrak{J} = \frac{H(a^2-l^2)^2\, tg\,\alpha}{2\,v\,a}.$$

Hierin bedeutet

- H die am Orte der Beobachtung herrschende Horizontalintensität des Erdmagnetismus,
- a den Abstand des Ellipsoidmittelpunktes von der Mitte des Magnets im Magnetometer,
- l den halben Polabstand des Ellipsoids ($= \frac{2}{3}$ der Länge des Ellipsoids),
- v das durch Gewichtsbestimmung erhaltene Volumen des Ellipsoids,
- α den Ablenkungswinkel des Magnets.

Die Horizontalintensität H wurde aus der Gleichung gewonnen:

$$H = \frac{2\pi i q r^2}{(r^2+b^2)^{3/2}\, tg\,\beta}.$$

Hierin ist:

i die Stromstärke in der Kompensationsspule bei Bestimmung der Horizontalintensität,

q die Anzahl Windungen auf der Kompensationsspule,

r der mittlere Radius der Wickelung der Kompensationsspule,

b der Abstand des Mittelpunktes der Kompensationsspule vom Mittelpunkt des Magnets im Magnetometer,

β der Ablenkungswinkel des Magnets.

Alle Grössen wurden auch hier in Werthen des absoluten elektromagnetischen C.G.S.-Systems ausgedrückt.

Da die mit der Waage erhaltenen Magnetisirungswerthe bei einem und demselben Stabe einige Prozent Abweichung untereinander ergaben, so wurden bei der Bestimmung der absoluten Magnetisirungskurven Korrektionen, wie z. B. infolge der Dimensionen des Magnets im Magnetometer, nicht berücksichtigt.

3. Resultat der Aichung.

In der im vorigen Abschnitt beschriebenen Weise wurden drei verschiedene Materialien untersucht, und zwar

1. Schmiedeeisen[1]),
2. Schwedisches Schmiedeeisen,
3. Weicher Böhler'scher Wolframstahl.

Das erste Material gelangte in ungeglühtem Zustande zur Untersuchung, das zweite und dritte war vor der Bearbeitung ausgeglüht. Ein Urtheil über die Gleichmässigkeit der Stäbe gewann man aus der Bestimmung der elektrischen Leitungsfähigkeit an verschiedenen Stellen derselben[2]). Die maximalen Differenzen betrugen hierbei etwa 1,5%.

Aus dem Vergleich der mit der Waage erhaltenen mittleren Magnetisirungskurven mit den nach der magnetometrischen Methode gewonnenen absoluten der Ellipsoide ergaben sich die Scheerungskurven. Diese stimmten für die beiden Stäbe aus Schmiedeeisen fast vollständig überein und sind durch die ausgezogene Kurve in Fig. 6a dargestellt. Bei derselben sind die Werthe von $\mathfrak{J}$ von etwa 1000 aufwärts als geradlinige Verlängerung des unterhalb 1000 verlaufenden Theiles der Kurve gezeichnet, da dieselbe für die Benutzung ausreichend genau ist. Die gestrichelte Scheerungskurve ist für dieselbe Waage nach der am Anfang des Abschnitts B erwähnten, nicht einwandsfreien Aichungsmethode gewonnen worden. Wie man sieht, weichen die ausgezogene und die gestrichelte Kurve nur wenig von einander ab. Die Scheerungskurven gelten für den Fall, dass man bei den in der Waage untersuchten Stäben bis zur Feldstärke 300, also im Allgemeinen nahe bis zur Sättigung des Materials geht.

Die in Fig. 6b gezeichnete Scheerungskurve ist für den weichen Stahlstab in derselben Waage gewonnen. Dieselbe zeigt eine erhebliche Abweichung von den beiden in Fig. 6a gezeichneten Kurven. Es bestätigen sich hierdurch die bereits nach der ersten Aichungsmethode bei weichem Stahl gewonnenen Abweichungen.

---

[1]) Für diese Versuche sind noch schmiedeeiserne Stäbe verwendet worden, weil erst im späteren Verlaufe der Untersuchungen der Werth gegossener Materialien für exakte magnetische Messungen erkannt wurde. Vgl. *diese Zeitschr.* **16.** *S. 218. 1896.*

[2]) A. Ebeling, *diese Zeitschr.* **16.** *S. 87. 1896; Wied. Ann.* **58.** *S. 342. 1896.*

Vollkommen eindeutige Scheerungskurven für die magnetische Waage zu gewinnen ist hiernach allerdings nicht möglich[1]).

Zieht man indessen in Betracht, dass derartige Unterschiede bei den Materialien mit höherer Koërzitivkraft weniger stark ins Gewicht fallen, so kann man die in

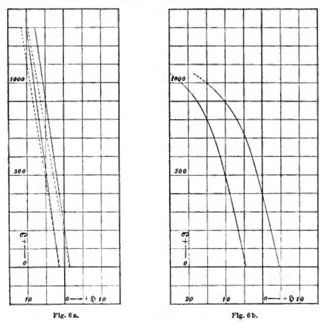


Fig. 6a. Fig. 6b.

Fig. 6a gezeichneten Scheerungskurven auch bei diesen Materialien für technische Messungen verwenden.

Herr du Bois hat auf Grund der vorstehend mitgetheilten Erfahrungen die Form der Waage etwas modifizirt, um die der ursprünglichen Form anhaftenden Mängel zu beseitigen.

Das Hamann'sche Polarplanimeter.

Von
E. Hammer.

Dem Mechaniker Herrn Ch. Hamann (Eckert & Hamann in Friedenau-Berlin) ist vor kurzem ein Patent ertheilt worden auf einen Mechanismus zur Aenderung der Achsenlage der Zähl- oder Messrolle an Zähl- und Messapparaten (Rechen- und Registrirapparaten und Integratoren aller Art); dieser Mechanismus stellt ein gleichschenkliges Schubkurbelgetriebe dar, bei dem die Integrirrolle (das Messrad) entweder auf der Kurbel oder auf der Schubstange (oder an einer zu diesen parallelen Welle) leicht drehbar angeordnet ist.

Von den Verwendungen dieser neuen Führung der Messrolle an Integratoren aller Art, mit geraden Linien oder Kreisen als Grundlinien der Rollenbewegung,

[1]) *Diese Zeitschr.* **15**. *S. 330. 1895.*



möchte ich hier nur ein neues *Polarplanimeter* kurz erwähnen, bei dem in der Benutzung kein Unterschied mehr zwischen den bei den sonstigen Polarplanimetern verschiedenen Fällen: Pol innerhalb und Pol ausserhalb der zu bestimmenden Fläche, vorhanden ist, bei dem vielmehr in *beiden* Fällen die Anzahl der Rollenumdrehungen unmittelbar proportional der umfahrenen Fläche ist. Gerade die Verschiedenheit beider Fälle beim seitherigen Polarplanimeter hat zur Konstruktion dieses neuen geführt.

1. Man denke sich zunächst die Planimeterkonstruktion derart abgeändert, dass die Rolle nicht wie bei Amsler u. s. f. an der Verlängerung der Fahrstange über das Gelenk hinaus sitzt, sondern dass der Aufsetzpunkt des Rollenrandes (Rollenrand wie immer genau senkrecht zur Achse der Fahrstange) zugleich der der Umfangslinie der zu bestimmenden Fläche folgende Fahrpunkt ist; ferner sollen die Polstange (oder „Kurbel"; die Strecke Pol — Gelenk $= PG$ in Fig. 1) und die Fahrstange („Schubstange"; die Strecke zwischen Gelenk und Fahrpunkt, d. h. also hier Rollenrand, $= GR$) genau gleiche Länge a haben (vgl. Fig. 1); der Rollenrandpunkt (Fahrpunkt) möge den Bogen $AB = b$ eines Kreises mit dem Halbmesser $PA = r$ und dem Zentriwinkel φ um P durchlaufen; der Oeffnungswinkel α zwischen GP und GR wird sich also dabei nicht verändern und es ist

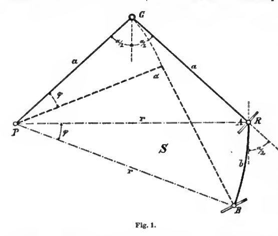


Fig. 1.

(1) $$r = 2a \sin\frac{\alpha}{2},$$

(2) $$b = r\varphi.$$

Um den Bogen e des Rollenrandes zu erhalten, der auf dem Weg AB des Rollenaufsetzpunktes abgewickelt wird, ist zu bedenken, dass mit unveränderlichem α auch der Winkel zwischen der Tangente an den Kreisbogen und der Richtung des Rollenrandes oder der der Rollenweile unverändert bleibt; der zuletzt genannte Winkel ist $\frac{\alpha}{2}$, also das gesuchte e

(3) $$e = b \sin\frac{\alpha}{2};$$

$\frac{\alpha}{2} = 90^0$ muss $e = b$, $\frac{\alpha}{2} = 0$ muss $e = 0$ geben, wie es in der That aus (3) folgt.

Aus den Gleichungen (1) bis (3) zeigt sich nun

(4) $$a e = \frac{1}{2} r^2 \varphi = \text{der Fläche } S \text{ des Sektors } APB.$$

Ist n die Anzahl der Rollenumdrehungen, sodass $n = 1$ genau eine Umdrehung der Rolle bedeutet, und u der Umfang des Rollenspurkranzes (also $u = \pi p$, wenn p den Durchmesser bedeutet), so ist

(5) $$e = n u$$

oder

(6) $$S = n a u.$$

Dass die Fläche des Sektors APB proportional der Rollenumdrehungszahl ist, solange R auf dem Kreis mit Halbmesser $PA = r$ geführt wird, ist geometrisch auch ohne weiteres, ohne die Gleichungen (1) bis (4) klar; die Gleichung (6) giebt aber die wirkliche Beziehung zwischen S und den Abmessungen a und u des Apparates an. Und die Gleichung (4) zeigt zugleich in der Form

$$F = \int_{e_1}^{e_2} a\,de = a\,(e_2 - e_1) = (N_2 - N_1)\,a\,u, \tag{7}$$

(wo N_2 und N_1 die Ablesungen am Zählwerk *nach* und *vor* der Umfahrung bedeuten), die *allgemeine* Anwendbarkeit des Apparats zur Messung *beliebiger* Flächen: man erhält die umfahrene Fläche, wenn man die Anzahl der Rollenumdrehungen $n = N_2 - N_1$ mit der Konstanten au multiplizirt; es besteht also hier allgemein für Pol aussen und Pol innen *dieselbe Gleichung* wie beim Amsler'schen Instrumente für den Fall: Pol aussen. Man hat, um die *allgemeine* Richtigkeit von (7) einzusehen, nur mit (4) den allgemeinen Ausdruck für das Flächendifferential in Polarkoordinaten $dF = \frac{1}{2} r^2 d\varphi$ zu vergleichen.

2. Die seither vorausgesetzte Benutzung des Rollenrand-Anlegepunktes als Fahrpunkt ist nun selbstverständlich praktisch auch für ganz einfache Konturen der zu bestimmenden Fläche nicht möglich, da damit die Einhaltung der gegebenen Umfangslinie beim Umfahren nicht genügend genau zu erreichen wäre. Es ist aber nicht schwierig, einen *Fahrstift* wie gewöhnlich anzubringen, nach Art der Fig. 2. Es sei wieder PG die Kurbel, GR die Schubstange, die beide im Gelenk G zusammenhängen (und, wie die Verlängerungen über G hinaus andeuten, so eingerichtet sind, dass a verändert werden kann, wobei aber für jede neue Einstellung einer andern Konstanten au selbstverständlich stets $GP = GR$ sein muss); wird nun das Glied $RHFK$ so angesetzt, dass die Schubstange senkrecht über R im Ende jenes Gliedes drehbar ist, so ist die Schiene HK das Mittelloth der Strecke RF (also $PF = PR = r$) und lässt man endlich diese Schiene HK durch einen im Pol P angebrachten Stift sich hin- und herschieben, so macht der Fahrstift F stets genau denselben Kreisbogen um P, wie der Berührungspunkt von R und umgekehrt. Mit dieser Anordnung des Fahrstiftes F ist somit das Instrument ebenfalls zur Messung jeder beliebigen Fläche ganz in derselben Art brauchbar, wie bei der idealen Anordnung des Fahrpunkts nach Fig. 1.

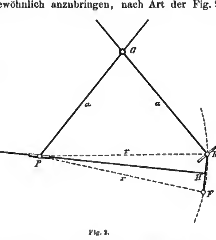


Fig. 2.

3. Man kann das vorliegende neue Planimeter als ein Polarplanimeter ansehen, bei dem der Halbmesser des *„Grundkreises"* beim Amsler'schen zu *Null* geworden ist, sodass zwischen den beim Amsler'schen Planimeter bestehenden Gleichungen für Pol aussen und Pol innen

$$F = n\,a\,u \text{ (Pol aussen) und } F = n\,a\,u + C \text{ (Pol innen)}$$

hier, da $C = 0$ ist, kein Unterschied mehr besteht.

Die beiden folgenden Figuren 3 und 4 geben Abbildungen der zwei Instrumente, mit denen ich Versuche gemacht habe, je in Grund- und Aufriss in $^1/_2$ der natürlichen Grösse; zu diesen Figuren wird nach dem Vorstehenden kaum noch

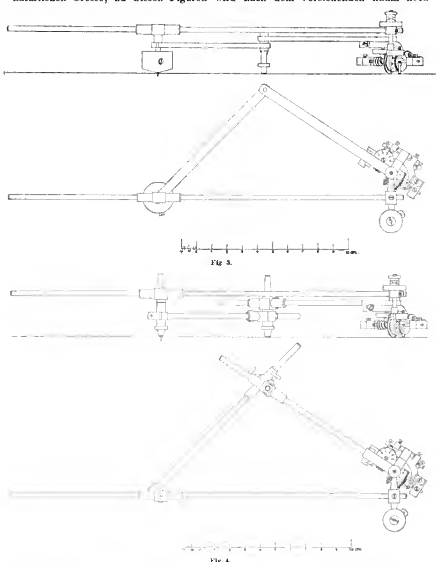


Fig. 3.

Fig. 4.

etwas hinzuzufügen sein. Figur 3 zeigt ein Instrument mit *einer* Konstanten $a u$ (a nicht veränderlich), die Fig. 4 ein Instrument mit *veränderbarer* Konstanten $a u$ (a zum Verschieben eingerichtet); die nothwendige Gleichheit der beiden Strecken $a = PG$ und $= GR$ (vgl. Fig. 1 und 2) im zweiten Fall kann vollständig genügend

mit einem guten Anlegemaassstab hergestellt werden. Uebrigens hätte auch, für diesen zweiten Fall, die Anbringung einer Theilung für a auf Kurbel und Schubstange, die an meinem Instrument noch nicht vorhanden ist, keine Schwierigkeit.

Von der Mittheilung der Zahlen von Genauigkeitsversuchen sehe ich hier vorläufig ab, weil meine beiden Instrumente noch nicht ganz vollständig fertig justirt waren (sodass z. B. noch eine zu grosse Abhängigkeit der Resultate von der Polstellung vorhanden ist) und jedenfalls noch nicht ganz das leisten, was Herr Hamann mir als „leicht erreichbar“ bezeichnete. Jedenfalls haben mich schon jetzt zahlreiche Versuche mit den beiden Instrumenten, bei Pol aussen und innen und an geradlinig begrenzten und Kreis-Flächen von 20 bis 400 *qcm* Fläche überzeugt, dass man mit dem neuen Polarplanimeter, von dem soeben die ersten Exemplare vollständig fertiggestellt worden sind, die Genauigkeit des gewöhnlichen Polarplanimeters nicht nur erreichen, sondern übertreffen kann, wobei hier nur (wegen der doppelten Inanspruchnahme des Polpunkts durch die Kurbel PG und die Gleitschiene HK) auf sehr feste Stellung des Pols zu achten ist. Für viele Fälle erwünscht ist, dass der Rollenrand wesentlich denselben Weg macht wie der Fahrstift, was auf technischen Zeichnungen oft bessere Ergebnisse verspricht als das Amsler'sche Planimeter, bei dem man mit der Rolle gelegentlich, ohne es zu beachten, auf Theile der Zeichnungsebene hinauskommt, die zur richtigen Bewegung der Rolle ungeeignet sind (Runzeln im Papier, Gummitheile u. dgl.); überhaupt ist vortheilbaft, dass man stets die Rolle zugleich mit dem Fahrstift im Auge behält. Da das neue Planimeter vor allem ferner, wie schon mehrfach hervorgehoben, die für die *Praxis* nicht unwichtige Bequemlichkeit bietet, keine Unterscheidung der Fälle Pol aussen und Pol innen zu verlangen, endlich der Preis (in Folge der Verwendung einfacher Elemente, z. B. gezogener Stangen) nicht hoch gestellt zu werden braucht (das Instrument Fig. 3, mit *einer* Konstanten $a u$, d. h. mit unveränderlichem a, kostet 37 M., das Instrument Fig. 4, mit *veränderbarem* a, 45 M., je mit Etui), so glaube ich schon jetzt den neuen Apparat hier bestens empfehlen zu sollen.

4. Zum Schluss möchte ich noch auf eine Modifikation hinweisen, die auch schärferes Messen *kleiner* Flächen gestattet, also ein „Pantographplanimeter“ vorstellt. Diese Abänderung liegt mir allerdings nicht in völlig fertiger Ausführung vor, vielmehr nur in einem Modell, sodass ich mir über die wirkliche Leistungsfähigkeit noch kein fertiges Urtheil bilden kann. Ich beschränke mich deshalb auf eine Andeutung über die Einrichtung an der Hand beistehender Skizzen. Das gleichschenklige Dreieck der Fig. 1 u. 2 ist hier (Fig. 5a) zu einem Pantographensystem umgewandelt, und das ganze Instrument erhält *zwei* Fahrstifte, den äussern F, dem Fahrstift F der vorigen Figuren entsprechend, und den innern F_1; jener ist mit dem Führungsgriff versehen, sodass bei Anwendung des Fahrstiftes F_1 die führende Hand den doppelten Weg zurücklegt, den der Fahrstift zu machen hat, wodurch die Umfahrung genauer wird. Für die Arbeit mit dem äussern Fahrstift F ist die Konstante 10, für den innern also, da $PF_1 = \frac{1}{2} PF$ ist, gleich 2,5. Die mit dem innern Fahrstift F_1 zu messende Fläche ist hier wohl etwas klein, doch wird dies z. Th. wieder dadurch ausgeglichen, dass F_1, ebenso wie F, auch mit Pol innen zu verwenden ist.

Es lässt sich ferner bei diesem Instrument der Rollenarm um 180° drehen, indem seine Kugellager vertauscht werden. In dieser Zusammensetzung ist das Instrument selbstverständlich nur in der Stellung „Pol ausserhalb der Figur“ ohne weiteres zu verwenden. Man erreicht aber durch das Durchschlagen die Elimination



des Fehlers der Rollenachsenschiefe; und, da man in der zweiten Lage der Rolle die Figur links herum umfahren wird, heben sich manche Umfahrungsfehler auf. Dies gilt auch für den Fahrstift F_1. Nach Abheben des zusammenhängenden Systems vom Rollenarm lassen sich auch die beiden Hebel durchschlagen, sodass die parallele Lage

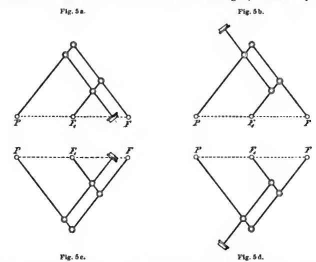


Fig. 5a. Fig. 5b. Fig. 5c. Fig. 5d.

der Stäbe zu einander zu prüfen ist. Man kann also das Planimeter nicht nur in zwei, sondern im Ganzen in vier Lagen verwenden, die in den Fig. 5a bis 5d skizzirt sind; davon können a und c auch mit *innerer* Polstellung ohne weiteres verwendet werden, während b und d einem Amsler'schen Modell des Polarplanimeters entsprechen.

Apparat zur Demonstration des Ferraris'schen Drehfeldes.

Von
Dr. **C. Michalke** in Charlottenburg.

Prof. Galileo Ferraris hat durch seine klassischen Untersuchungen, deren Ergebnisse er im Jahre 1888 in den *Atti della R. Accademia delle scienze di Torino* veröffentlichte, den Grundstein zu dem Mehrphasenstromsystem gelegt. Seit jener Veröffentlichung ist dieses System durch eine Reihe namhafter Ingenieure so vervollkommnet worden, dass der Mehrphasenstrom jetzt eine ganz hervorragende Stellung auf dem Gebiete der Elektrotechnik einnimmt. Ist doch gerade das schwierige Problem der Kraftübertragung auf grosse Entfernungen erst durch Vermittelung des Mehrphasenstroms befriedigend gelöst. Jene grundlegende Arbeit von Ferraris bildet einen Markstein in der Entwickelung der Elektrotechnik.

Es ist deshalb von Werth, einen einfachen Apparat zu besitzen, durch den der Ferraris'sche Fundamentalversuch veranschaulicht werden kann, wie nämlich durch Uebereinanderlagerung zweier pulsirender Magnetfelder, deren Phasen gegeneinander verschoben sind, ein Feld resultirt, dessen Pole stetig wandern.

Bekanntlich lässt sich das Drehfeld als die Summe zweier oder mehrerer pulsirender Felder darstellen; Fig. 1 ist das Diagramm für Zweiphasenstrom. Die beiden

pulsirenden, in ihrer Phase um 90° verschobenen, auf einander rechtwinkligen Felder sind der Grösse und Richtung nach auf den beiden rechtwinkligen Koordinatenachsen aufgetragen, und zwar stellen die Strecken *OA* und *OB* die Intensitäten der beiden Felder in einem bestimmten Zeitmoment dar. Die Diagonale des Parallelogramms *OARB* giebt dann ihrer Länge und Richtung nach die Intensität und die Richtung des resultirenden Magnetfeldes. Sind die Maximalwerthe der beiden auf einander senkrechten Felder einander gleich und erfolgt die Aenderung der Felder sinusförmig, so bleibt das resultirende Feld *OR* seiner Grösse nach konstant, es dreht sich aber mit gleichförmiger Geschwindigkeit um *O*. Die Pole des resultirenden Magnetfelds bewegen sich mit konstanter Stärke und gleichbleibender Winkelgeschwindigkeit, es entsteht ein konstantes Drehfeld.

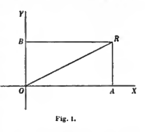


Fig. 1.

Im Folgenden wird ein Apparat beschrieben, der für das Zweiphasenstromsystem die Stärke der beiden Felder *OA* und *OB* (Fig. 1) und des resultirenden Feldes *OR* der Grösse und Richtung nach für jeden Phasenzustand der Ströme angiebt. Der Apparat wurde auf dem Versuchsfeld des Charlottenburger Werkes der Firma Siemens & Halske hergestellt.

Die Fig. 2, 3 und 4 geben in schematischer Weise einen Schnitt und zwei Ansichten des Apparats.

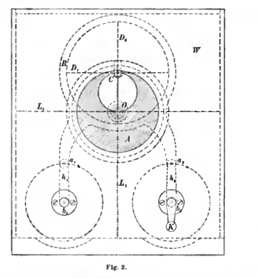


Fig. 2.

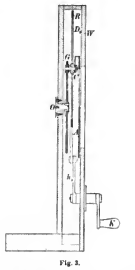


Fig. 3.

In einem Holzgestell *W* befindet sich ein Rahmen *R* aus Aluminium, der in a_1 und a_2 geführt wird. Durch die um b_1 und b_2 drehbaren Hebel h_1 und h_2 wird der Rahmen *R* vermittels der Kurbel *K* derart bewegt, dass jeder Punkt des Rahmens einen Kreis mit dem Radius $h_1 = h_2$ beschreibt. Der Rahmen ist kreisförmig ausgeschnitten. In dem Ausschnitt sind zwei sich rechtwinklig schneidende, etwa roth angestrichene Drähte D_1 und D_2 eingeschraubt, die in der Mitte des kreisförmigen Ausschnitts das Führungsstück *C* tragen. In *C* wird eine um *O* drehbare Glas-

scheibe G (Fig. 3) geführt, auf der die Verbindungslinie OC schwarz aufgezeichnet ist. Auf der Achse in C ist ferner noch eine Aluminiumscheibe A befestigt, wie aus Fig. 2 ersichtlich, die einen kreisförmigen Ausschnitt hat, dessen Durchmesser gleich dem Hebelarm $h_1 = h_2$ ist.

Auf der weiss angestrichenen Rückwand des Gestells W sind noch eine horizontale Linie L_1 und eine vertikale L_2, die sich in O schneiden, aufgezeichnet; sie sind von vorn durch die Glasscheibe G hindurch sichtbar. Vorn ist das Gestell bis auf einen kreisförmigen Ausschnitt vom Durchmesser $2h_1$ abgeschlossen.

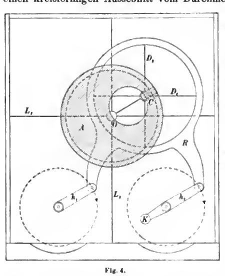


Fig. 4.

Dreht man die Kurbel K, so verschiebt sich das Drahtkreuz $D_1 D_2$ in dem Rahmen R parallel zu sich selbst. Durch die Führung in C wird die runde Glasscheibe G und ebenso die Aluminiumscheibe A um O gedreht. Durch den vorderen Ausschnitt des Gestells ist dann das auf die Rückwand gezeichnete rechtwinklige Koordinatenkreuz, von dem eine vertikale und eine horizontale Komponente herausgeschnitten wird (vgl. Fig. 4), und die aus den beiden Komponenten gebildete Resultante sichtbar. Das Drahtkreuz $D_1 D_2$ zeigt die Hülfslinien, die das Parallelogramm (entsprechend Fig. 1) vervollständigen. Alle übrigen Linien sind durch die Aluminiumscheibe verdeckt. Betrachtet man nur die horizontale oder nur die vertikale Komponente, so kann man beim Bewegen der Kurbel K beobachten, wie diese Komponente von Null bis zum Maximum wächst, wieder bis zum Nullwerth abnimmt, negativ (Richtung nach unten) wird u. s. w. Die Zu- und Abnahme erfolgt sinusförmig.

Während nun die beiden Komponenten sich sinusförmig ändern, bleibt die Resultante stets gleich gross, ändert aber bei gleichmässigem Kurbeln ihre Richtung mit gleichbleibender Winkelgeschwindigkeit.

Um die Linien vergrössert auf eine Wand projiziren zu können, lässt sich der Apparat dahin abändern, dass die Rückwand aus starkem Spiegelglas hergestellt wird. Die beiden Koordinatenachsen L_1 und L_2 müssen dann auf diese Glaswand gezeichnet werden. Die Glaswand ist in O für die Lagerung der Glasscheibe G durchbohrt.

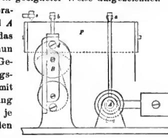
Die Konstruktion des Apparats ist so einfach, dass er nach obigen Angaben leicht von jedem Mechaniker ausgeführt werden kann.

Referate.

Vibrationsmesser.

Von John Milne. *Engineering* **61.** *S. 675. 1896.*

Der Apparat ist von dem Verfasser zu dem Zwecke konstruirt, die Vibrationen und Stösse von Lokomotiven und Eisenbahnwagen, ferner die elastischen Schwingungen von Dampfschiffen und Brücken zu messen. Seine Konstruktion lehnt sich an die der neueren Seismographen an, in denen bei plötzlicher Fortbewegung des ganzen Apparates eine beweglich angebrachte Masse infolge der Trägheit noch einen Zeitmoment an derselben Stelle verbleibt; diese Verspätung der Fortbewegung wird in geeigneter Weise aufgezeichnet.



Zur Messung der Vertikalkomponente der Vibration dient bei dem Milne'schen Apparate der Theil *A* der Figur. Eine gewundene Feder wird durch das rechts sichtbare Gewicht gespannt. Bewegt sich nun der Apparat aufwärts oder abwärts, so muss das Gewicht hin und her schwanken; ein an der Drehungsachse des Gewichtes angebrachter Hebelarm mit Schreibstift *a* zeichnet die Grösse dieser Schwankung auf dem Papierstreifen *P*, der durch ein Uhrwerk je nach Bedarf rascher oder langsamer fortbewegt werden kann, auf.

Zur Registrirung seitlicher Bewegungen dient der linke Theil des Apparates. Ein Metallzylinder *B*, welcher sich um eine Achse *d* in der Nähe seines oberen Randes drehen kann, und dessen Schwingungsdauer durch einen ebenfalls exzentrisch gelagerten und mit *B* gelenkig verbundenen kleineren Zylinder vergrössert wird, bewegt gleichfalls einen Schreibstift *b*, der bei Vibrationen und Stössen in der Richtung der Schwingungsebene der Zylinder hin und her bewegt wird, und seine Bewegungen auf demselben Papierstreifen aufzeichnet. Ein mit dem Uhrwerk in Verbindung stehender Stift *s* macht in bestimmten Zeitintervallen Punktmarken auf dem Streifen und giebt so eine feste Skale für die Orientirung der durch die Vibration entstehenden Kurven.

Der Apparat wird besonders in Japan und Amerika zur Untersuchung von Eisenbahngeleisen und Dampfschiffen benutzt und entspricht seinem Zwecke vollkommen. *Hck.*

Apparat zur schnellen Bestimmung der Oberflächenspannung von Flüssigkeiten.

Von C. F. Linebarger. *Amer. Journ. of Science* (4) **2.** *S. 108. 1896.*

Zwei gut zylindrische Röhren von verschiedener Oeffnung tauchen in die zu untersuchende Flüssigkeit, die durch ein umgebendes Bad auf einer beliebigen, konstanten Temperatur gehalten werden kann; die eine der Röhren ist in der Höhe mittels einer Mikrometerschraube verstellbar. Von einer gemeinsamen Quelle aus lässt man einen sich verzweigenden Luftstrom gleichzeitig in beide Röhren eintreten und dreht solange an der Mikrometerschraube, bis die Luftblasen aus beiden Röhren im gleichen Tempo durch die zu untersuchende Flüssigkeit entweichen. Ist dann die Höhendifferenz der Röhrenenden $= h$, so ist die Kapillaritätskonstante in Dynen

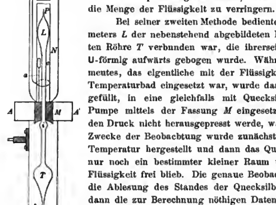
$$\gamma = c h s + s^2,$$

wo s das spezifische Gewicht der Flüssigkeit und c eine Konstante des Apparates bedeuten. Die Untersuchungen liessen c als eine wirkliche Konstante erkennen. Die in dieser Weise erhaltenen Resultate der Kapillaritätskonstante für verschiedene Flüssigkeiten stimmen gut mit den von Ramsay und Shields gefundenen Werthen überein. *Schl.*

Bestimmung der Dichte des Aethers, Schwefelkohlenstoffs und Alkohols unter dem Drucke ihrer eigenen gesättigten Dämpfe.

Von A. Battelli. *Ann. de chim. et de phys.* (7) **9.** *S. 409. 1896.*

Die Untersuchung ist vom Verfasser auf zwei Arten durchgeführt worden. Nach der ersten Methode wurden die Dichten mittels eines fast ganz mit reiner Flüssigkeit gefüllten Dilatometers bestimmt, welches in eine Spitze auslief. Nach der Füllung wurde die Spitze abgeschmolzen; man öffnete das Instrument nur, um die Menge der Flüssigkeit zu verringern.



Bei seiner zweiten Methode bediente sich der Verfasser eines Dilatometers L der nebenstehend abgebildeten Form, welches mit der erweiterten Röhre T verbunden war, die ihrerseits im unteren Theile wiederum U-förmig aufwärts gebogen wurde. Während der obere Theil des Instrumentes, das eigentliche mit der Flüssigkeit gefüllte Dilatometer, in das Temperaturbad eingesetzt war, wurde das untere Ende T, mit Quecksilber gefüllt, in eine gleichfalls mit Quecksilber beschickte Cailletet'sche Pumpe mittels der Fassung M eingesetzt; damit das Instrument durch den Druck nicht herausgepresst werde, war es bei i etwas verdickt. Zum Zwecke der Beobachtung wurde zunächst in dem Bade N die gewünschte Temperatur hergestellt und dann das Quecksilber soweit komprimirt, bis nur noch ein bestimmter kleiner Raum unterhalb der Spitze P von der Flüssigkeit frei blieb. Die genaue Beobachtung der Temperatur in a und die Ablesung des Standes der Quecksilberkuppe in der Röhre c lieferte dann die zur Berechnung nöthigen Daten.

Die erhaltenen Resultate sind vom Verfasser graphisch dargestellt und rechnerisch zu Mittelwerthen vereinigt. Bezeichnet man die Temperatur mit t, so lässt sich die Dichte der Flüssigkeit durch eine Interpolationsformel

$$d = a + b\,(t + 273) + c\,(t + 273)^2$$

darstellen. Für die einzelnen untersuchten Substanzen ergaben sich dabei die folgenden Werthe der Konstanten:

Aether	Schwefelkohlenstoff	Alkohol
a = 0,148 305	a = 0,979 31	a = 0,419 44
b = 0,004 0477	b = 0,002 7770	b = 0,002 9327
c = 0,000 007 7588	c = 0,000 006 0532	c = 0,000 005 6718

Schl.

Schmelzpunktsbestimmung von Metallen.

Von S. W. Holman, R. R. Lawrence und L. Barr. *Phil. Mag.* (5) **42.** *S. 37. 1896.*

Die Verf. bestimmten die Schmelzpunkte einer Reihe von Metallen mittels des Le Chatelier'schen Thermoelements. Als Fixpunkte zur Kalibrirung desselben benutzten sie ausser dem Eispunkte den Schwefelsiedepunkt von Callendar und Griffiths (444°,53 + 0,082 (H — 760)) und den Goldschmelzpunkt von Holborn und Wien (1072°). Die Auswerthung der Temperaturen aus den vom Thermoelemente angegebenen thermoelektrischen Kräften geschah zunächst sowohl nach der Formel $E_0^t = m\,\tau^n - \beta$, als auch nach der Formel $E_0^t = m\,t^n$, wo $\tau = t + 273$ die absolute Temperatur und die übrigen Grössen m, n, β Konstanten bedeuten. Die beiden Formeln ergaben für die Siedepunkte von Wasser und von Naphtalin Werthe, welche fast um die gleichen Beträge im entgegengesetzten Sinne von den wirklichen Werthen abwichen. Es wurde deswegen das Mittel der nach beiden Formeln berechneten Werthe zu Grunde gelegt und in dieser Weise gefunden als Schmelzpunkt von

Aluminium	Silber	Kupfer	Platin
660°	970°	1095°	1760°.

Mk.

Psychrometrische Studien und Beiträge.

Von O. Edelmann. *Meteorolog. Zeitschr.* **13.** *S. 325. 1896. 2 Taf.*

Die vorliegende Abhandlung beschäftigt sich einerseits mit Studien allgemeiner Natur über Störungen und Fehlerquellen von Psychrometern, andrerseits mit der Untersuchung einiger spezieller Psychrometer.

Als Kontrolmethode diente stets die Absorption des Wasserdampfes in Trockenröhren, die mit Phosphorsäure-Anhydrid gefüllt waren; zur Bequemlichkeit wurden in der Regel Röhren mit Bimstein und Schwefelsäure vorgeschaltet. Die Aspiration konnte durch einen etwa 43 *l* fassenden, durch Paraffin-Oel abgeschlossenen Gasometer nach zwei Methoden erfolgen: entweder wurde die zu untersuchende Luft direkt in den Gasometer eingesogen und dann langsam durch die Trockenröhren ausgeblasen, oder die Luft wurde durch die Trockenröhren angesogen. In letzterem Falle erhielt man im Gasometer vollkommen trockene Luft, die nun für weitere Versuche verwendet werden konnte. Für Laboratoriumsversuche modifizirte Verf. die übliche Form des Psychrometers, indem er ein für beide Thermometer gemeinsames seitliches Luftzuführungsrohr anwendete. Zur Bestimmung der Luftgeschwindigkeit im Apparat wurden zwei verschiedene Manometer konstruirt; das eine war dem Prinzip nach eine Strahlpumpe mit Manometer, das andere ein Differential-Manometer, welches an einer Verengerung der Zuleitungsröhre den Druckunterschied vor und hinter der Verengerung zu messen gestattete.

Am ausführlichsten wurden Untersuchungen über den Einfluss von Thermometerbekleidungen angestellt. Acht verschiedene Sorten von Mousselin wurden geprüft, die Psychrometer-Konstanten variirten von 0,000733 bis 0,000873, jedoch gab nicht der feinste Stoff die kleinste Konstante, sondern ein ziemlich dichter und rauher, aber sehr poröser Stoff. Für meteorologische Beobachtungen werden diese Differenzen nicht sehr belangreich werden, da die hier gefundenen grossen Unterschiede erst durch die sorgfältig dazu ausgesuchte Versuchsanordnung (ganz ausgetrocknete Luft und Geschwindigkeit von etwa 0,1 *m/sek.*) erreicht wurden.

Versuche bei Temperaturen unter 0° wurden ebenfalls nur im Laboratorium angestellt. Verf. findet, dass das Psychrometer unter 0° unzuverlässig ist. Zum Theil liegt dies auch an der Methode, da nicht in allen Fällen festgestellt wurde, ob das feuchte Thermometer mit Wasser oder mit Eis bedeckt war. Verf. findet für *A* die Werthe 0,000519 bezw. 0,000402, je nachdem das trockene Thermometer über oder unter 0° stand; bei der geringen Ventilationsgeschwindigkeit von 0,1 *m/sek.* ist dieses Resultat ziemlich auffällig.

Mit grosser Sorgfalt sind die Versuche über den Einfluss der Luftgeschwindigkeit angestellt, und die Resultate bilden eine sehr willkommene Bestätigung der analogen Experimente von Sworykin. In einer Kurventafel sind die Psychrometerkonstanten als Ordinaten, die Luftgeschwindigkeit als Abszissen eingetragen, sodass man daraus nach empirischer Bestimmung der Konstanten des Aspirations-Psychrometers die Geschwindigkeit des Luftstromes bestimmen kann und umgekehrt.

Verf. prüfte ferner ein Assmann'sches Aspirations-Psychrometer und fand als Konstante im Mittel von 11 Versuchen 0,000691, also einen sehr grossen Werth. Es erklärt sich dies wahrscheinlich daraus, dass ein Instrument älterer Konstruktion mit viel zu schwacher Aspirations-Geschwindigkeit (0,8 statt 2,4 *m/sek.*) benutzt wurde. Auch den eingehend untersuchten variablen Gang des Uhrwerks wird man daher nicht als normal ansehen können.

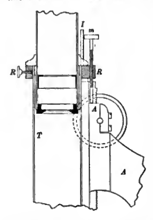
Sg.

Ein Hülfsapparat zur Einstellung von Immersionsobjektiven.

Von A. van Delden. *Zeitschr. f. wissensch. Mikrosk.* **12.** *S. 15. 1895.*

Nach vorhergehender Einstellung mit einem Trockensystem verschiebt Verf. den Mikroskoptubus um die ein für alle Mal ermittelte Einstellungsdifferenz zwischen dem betreffenden Trocken- und Immersionssystem und erhält so sehr nahe die richtige Einstellung für Immersion. Um die Tubusverschiebung hinreichend genau ausführen zu können, hat Verf.

den in beistehender Figur gezeichneten Apparat konstruirt. An dem Haupttubus T ist mit 3 Schrauben ein starker Ring R befestigt, welcher sich oben gegen den Rand der Schiebhülse legt. Durch eine etwas erweiterte Stelle des Ringes R geht eine Mikrometerschraube m, deren unteres Ende bei der Abwärtsbewegung auf die nur durch die Mikrometerschraube des Stativs bewegliche Säule A, bezw. eine darin angebrachte Stahlschraube stösst. Der Kopf der Mikrometerschraube m ist in 20 Theile getheilt und wird an der Kante einer vertikalen Skale I abgelesen, deren der Ganghöhe der Schraube entsprechende Intervalle gleich $1/_2$ *mm* sind. Da man Zehntel der Theilung auf dem Kopf noch gut schätzen kann, sind Differenzen in der Bewegung der Schraube m von $0{,}002_5$ *mm* noch messbar. Die Abwärtsbewegung des Mikroskoptubus um ein bestimmtes Stück wird nun in der Weise bewirkt, dass man nach Herstellung des Kontaktes der Schraube m mit der Säule A die Schraube m um das betreffende Stück hebt und dann den Tubus soweit senkt, bis die Schraube m aufstösst. *A. K.*



Ueber das Verhalten zirkularpolarisirender Krystalle in gepulvertem Zustande.
Von H. Landolt. *Chem. Ber.* **29.** *S. 2404. 1896.*

Krystalle, die in grösseren Stücken ein beträchtliches optisches Drehungsvermögen besitzen, wie z. B. Natriumchlorat und -bromat, zeigen bekanntlich in gelöstem Zustande keine Spur dieser Eigenschaft mehr; die letztere hängt also offenbar von der Grösse der Krystallpartikelchen ab, und es ist deshalb in mancherlei Hinsicht von grossem Interesse, den Grenzwerth zu ermitteln, bei welchem diese Krystalltheilchen ihr Drehungsvermögen verlieren. Diesen Zweck verfolgt auch z. Th. die Untersuchung des Verfassers, welche zunächst die Frage beantwortet, ob Suspensionen von fein pulverisirten Krystallen in Flüssigkeiten, welche diese Krystalle nicht lösen, ein anderes spezifisches Drehungsvermögen zeigen, als die entsprechenden festen Substanzen, und ferner, ob mit zunehmender Feinheit der Pulverisirung das spezifische Drehungsvermögen abnimmt, oder nicht. Als Versuchsobjekt benutzte der Verfasser ausschliesslich rechts- und linksdrehendes Natriumchlorat, das in einer Reibschale verschieden fein gepulvert wurde. Die Bestimmung der Korngrösse des Pulvers erfolgte entweder direkt durch Beobachtung unter dem Mikroskop, oder mit Hülfe eines auf Beugungserscheinungen beruhenden optischen Verfahrens, das sich jedoch nur bei einer Korngrösse von mindestens 0,02 bis 0,03 *mm* Durchmesser als brauchbar erwies, bei feinerem Pulver aber versagte. Soll keine Trübung eintreten, so muss das Medium, in welchem die Krystalle suspendirt werden, genau den gleichen Brechungsquotient besitzen, wie die Krystalle selbst; der Verfasser verwendete mit gutem Erfolge eine Mischung von Alkohol und Schwefelkohlenstoff, die sich chemisch indifferent gegen Natriumchlorat verhält. Da jedoch die Krystalle spezifisch schwerer sind als diese Flüssigkeit und deshalb ohne besondere Vorsichtsmaassregeln rasch zu Boden sinken würden, liess der Verfasser die gefüllten Röhren während der Beobachtung um ihre Achse rotiren, und zwar zeigte es sich, dass die Rotationsgeschwindigkeit eine bestimmte Grösse (50 bis 80 Umdrehungen in der Minute) nicht übersteigen durfte, wenn nicht in Folge der Zentrifugalkraft die festen Theilchen nach der Röhrenwand hingetrieben und die mit der optischen Achse des Polarisationsapparates zusammenfallenden achsialen Theile der Röhre an Krystallen ärmer werden sollten, wodurch natürlich der beobachtete Drehungswinkel wesentlich geringer ausgefallen wäre.

Von der Anwendung von Natriumlicht musste der geringen Intensität halber abgesehen werden; der Verf. verwendete statt dessen Zirkonlicht, dessen hauptsächlich wirksame Wellenlänge zu etwa 556 $\mu\mu$ berechnet wurde; ein Einfluss der Rotationsdispersion machte sich

bei der geringen Grösse der Drehung (höchstens 4°) nicht bemerkbar. Die Berechnung der spezifiseben Drehung erfolgte nach der Biot'schen Formel $[\alpha] = \frac{\alpha . 10}{l . c}$, wobei α den beobachteten Drehungswinkel, l die Röhrenlänge in Millimeter und c die in 10 *ccm* der Suspension enthaltene Anzahl Gramm aktiver Substanz bedeutet.

Es ergab sich, dass die verschiedenen Messungen gut mit einander übereinstimmten und die spezifische Drehung sowohl für rechts- wie für linksdrehende Substanz im Mittel etwa 1°,41 betrug, wenn der Korndurchmesser 0,012 *mm* nicht überstieg. Dieser Werth ist fast identisch mit der spezifischen Drehung von festem Natriumchlorat (1°,42), und es folgt daraus also direkt, dass die Körnchen des Natriumchlorats bei einem Durchmesser von 0,004 bis 0,012 *mm* noch vollständig diejenige krystallinische Struktur besitzen, welche zur Erzeugung der zirkularen Polarisation erforderlich ist; selbst in den Fällen, wo die Korngrösse vorherrschend nur 0,003 bis 0,007 *mm* betrug, war eine Abnahme des Drehungsvermögens noch nicht zu erkennen. Dagegen lieferten die gröberen Pulver von 0,03 *mm* Korndurchmesser Drehungswerthe, welche viel weniger gut miteinander übereinstimmten und ein beträchtlich höheres Mittel ergaben. Der Verf. führt dies darauf zurück, dass sich bei mässiger Umdrehungsgeschwindigkeit gerade im achsialen Röhrentheil, welcher hauptsächlich das mittlere Feld des dreitheiligen Lippich'schen Polarimeters beeinflusst, verhältnissmässig mehr grobe Salzkörnchen sammeln und so eine scheinbar grössere spezifische Drehung hervorbringen, während mit wachsender Umdrehungsgeschwindigkeit, wie schon oben bemerkt, die Salztheilchen nach der Peripherie wandern und die spezifische Drehung abnimmt.

Einige Versuche mit Natriumchlorat-Präparaten, welche aus wässriger Lösung durch Alkohol ausgefällt worden waren, ergaben, dass die Fällungen vollständig inaktiv sind, wenn der Alkohol rasch im Ueberschuss zu mässig konzentrirten Salzlösungen zugefügt wird, dass sie dagegen aktiv werden, wenn man die gesättigten Lösungen ganz allmählich mit kleinen Portionen Alkohol versetzt. Die spezifische Drehung solcher Niederschläge war aber stets geringer als die normale, die Niederschläge bestanden also aus einem Gemenge von rechts- und linksdrehenden Salzen. Die Drehungsrichtung der Gemenge hängt nach des Verf. Ansicht hauptsächlich davon ab, welche Drehungsrichtuug die bei der Fällung zuerst gebildeten kleinen Krystalle besitzen, denn schon Gernez fand, dass, wenn man in eine übersättigte Lösung von Natriumchlorat Stückchen von rechts- bezw. linksdrehendem Salz bringt, nur die gleichnamigen Krystalle sich ausscheiden, während beide Arten in fast gleichen Mengen auskrystallisiren, wenn die Lösung der Verdunstung überlassen wird.

Glch.

Wheatstone'sche Brücke.

Von Callendar und Griffiths. *Engineering* **62.** *S. 595. 1896.*

Callendar und Griffiths haben einen Apparat konstruirt, der im Wesentlichen eine Wheatstone'sche Brückenkombination ist und zur Messung von Temperaturen benutzt werden soll (*vgl. diese Zeitschr.* **16.** *S. 312. 1896*).

Der ganze Apparat ist 80 *cm* hoch, 60 *cm* lang, 40 *cm* breit und besteht aus einem grossen Kasten, der mit einem Glasgehäuse bedeckt ist. Der Deckel des Kastens ist aus weissem Marmor hergestellt, während die Seitenwände durch doppelte Kupferplatten gebildet werden, die zum Schutz gegen Temperaturschwankungen durch Asbest von einander getrennt sind. In dem Kasten befinden sich Widerstandsrollen, die aus *unbesponnenem* Platinsilber-Draht bestehen und auf Glimmerrahmen aufgewickelt sind. Sie tauchen in einen nicht flüchtigen Kohlenwasserstoff von hoher Isolirfähigkeit, der durch eine von aussen zu bewegende Handhabe umgerührt werden kann und dadurch alle Rollen auf dieselbe Temperatur bringt.

Diese Anordnung erscheint dem Referenten nicht einwandsfrei zu sein. Erstens liegt eigentlich kein Grund vor, weshalb auf ein Widerstandsmaterial mit grossem Temperaturkoëffizienten zurückgegriffen wird, nachdem im Manganin ein in Bezug auf Temperaturkoëffizienten und thermoelektrische Kraft so ausgezeichnetes Material eingeführt ist, zweitens

liegen auch über die Konstanz der Platinsilberlegirungen keine ausreichenden Untersuchungen vor, zumal wenn die Drähte durch Umhüllungen nicht geschützt sind. Jedenfalls scheint auf diesem Wege das Ziel der Verfasser, Quecksilberthermometer durch Widerstandsthermometer zu ersetzen, nicht erreichbar.

Ausser zwei gleichen Widerständen für zwei Zweige der Brückenkombination und Ballastwiderständen, die durch eine Kurbel in den Hauptzweig geschaltet werden können, enthält der Kasten einen Vergleichswiderstandssatz mit den Werthen 0,05 0,05 0,10 0,20 0,40 0,80 1,60 3,20 6,40 12,80 25,60 51,20 *Ohm*, sodass jeder Widerstand das Doppelte des vorgehenden ist und gleich der Summe aller vorhergehenden; man kann daher diesen Widerstandssatz in einfachster Weise in sich vergleichen; ausserdem ist zum Kalibriren eine Einheit hinzugefügt, und schliesslich ein Widerstand 100, der für Messungen mit dem Platinthermometer Verwendung findet. Zu jedem Widerstand gehören zwei getrennte Klötze, sodass kein Stöpsel durch Ziehen des benachbarten gelockert werden kann.

Vorn ist auf dem Deckel ein Messdraht vorhanden mit einem Schleifkontakt, dessen Einrichtung besonderes Interesse verdient. Ein Messingrahmen (s. Fig. 1) *ABA'* wird durch

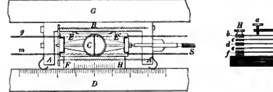


Fig. 1.

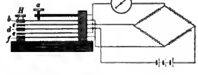


Fig. 2.

zwei Federn *AA'*, die sich gegen die Messingschiene *D* legen, gegen die Stahlschiene *G* gedrückt; andrerseits wird ein Messingschlitten *FEE'H* im Innern des Rahmens durch die Federn *EE'*, die sich gegen den Rahmen legen, gegen die die Theilung tragende Messingschiene gedrückt. Der innere Schlitten wird durch Federn gegen die auf dem Rahmen befestigte Mikrometerschraube *S* gezogen. Die Mitte des Schlittens *FEE'H* trägt eine Schraube *C*; wird dieselbe niedergeschraubt, so drückt sie durch einen Federkontakt gegen den Messdraht *m* und den parallel zu diesem gezogenen Draht *g*, der zum Galvanometer führt. Nach roher Einstellung des Rahmens kann man nun durch die Schraube *S* die Feineinstellung bewerkstelligen; hat man hierbei vergessen, vorher die Schraube *C* zu lösen, so bewegt sich der Rahmen, ohne dass der Messdraht Schaden leidet.

Um Thermoströme unschädlich zu machen, ist dem Apparat ein besonderer Stromschlüssel beigegeben. Aus Fig. 2 ist ersichtlich, dass zunächst zwischen *a* und *b* der Galvanometerzweig geschlossen ist, während die Batterie ausgeschaltet bleibt, sodass etwaige Thermoströme eine konstante Ablenkung hervorbringen; wird jetzt der Knopf *H* heruntergedrückt, so wird zunächst bei *a* der Galvanometerzweig geöffnet, dann zwischen *c* und *d* die Batterie und schliesslich zwischen *e* und *f* das Galvanometer geschlossen. Drückt man also den Knopf *H* rasch herunter, so wird von der konstanten Ablenkung nichts bemerkt.

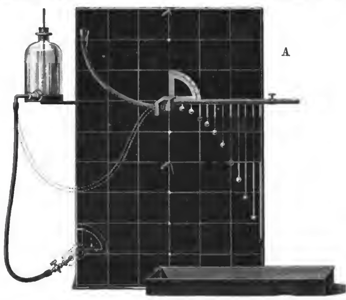
E. O.

Wurfapparat.

Von A. Höfler. *Zeitschr. f. d. phys. u. chem. Unterr.* **9.** *S. 62. 1896.*

Hagenbach's Modell zur Erläuterung des parabolischen Falles geworfener Körper (*Carl's Rep.* **3.** *S. 141*) hat den Bau dieses Wurfapparats angeregt. Eine Tafel, 60 *cm* breit und 90 *cm* hoch, ist mit schwarzer Leinwand bezogen, auf der in 10 *cm* Abstand lothrechte und waagrechte weisse Striche gezogen sind. Eine 45 *cm* lange Röhre, die in einem Metallstück sitzt, kann mittels einer Flügelschraube auf der Rückseite der Tafel unter beliebigem Erhöhungswinkel festgeklemmt werden. In dieser geschlitzten Röhre befindet sich eine Spiralfeder, an deren Windungen in gleichen Abständen 11 Pendel befestigt sind. Das

3., 7. und 11. Pendel, die an dickeren Metallröhrchen sitzen, sind 5, 20 und 45 *cm* lang, die übrigen Pendel, die an dünneren Röhrchen befestigt sind, haben entsprechende Längen. Auf allen Röhrchen sind, soweit dies möglich, die Fallräume von 5, 15 und 25 *cm* abwechselnd in weisser und rother Farbe aufgetragen. Durch Ausziehen der Spirale kann man die Parabeln herstellen, welche den Anfangsgeschwindigkeiten der geworfenen Körper entsprechen, die zwischen 8 und 150 *cm/sek.* liegen. In das Metallstück, das die Röhre mit den Pendeln trägt, mündet eine aufwärts gekrümmte Anlaufröhre, in welcher man mittels eines verschiebbaren Auslösehebels Kugeln aus verschiedener Höhe herablaufen und so jene Anfangsgeschwindigkeiten erwerben lässt. Ist die Spirale soweit ausgezogen, dass die Befestigungsstelle des längsten Pendels vom Anfange der Spiralfeder, der sich im Drehpunkt der Röhre befindet, 30 *cm* entfernt ist, so durchläuft eine aus 5 *cm* Höhe herabfallende Kugel,



deren Anfangsgeschwindigkeit theoretisch 1 *m/sek.* beträgt, die von den Pendeln veranschaulichte Parabel. Wegen der Reibung muss selbstverständlich ein Höhenunterschied gewählt werden, der etwas grösser als 5 *cm* ist. Für einen Erhöhungswinkel von 45° muss die Spirale auf 30 $\sqrt{2}$ *cm* ausgezogen werden. Um bei grossen Erhöhungswinkeln noch die entsprechenden Anfangsgeschwindigkeiten zu erzielen, können nach Bedarf zwei krumme und eine gerade Anlaufsröhre einzeln oder zusammen eingesetzt werden.

Ein kleiner Nebenapparat ermöglicht es, gleichzeitig eine Kugel waagrecht zu werfen und eine andere gleiche Kugel frei fallen zu lassen. Andere kleine Nebenvorrichtungen gestatten die Vorführung des Sehnenfalls und des gehemmten Pendels von Galilei (*Unterredungen u. math. Demonstrationen. Ostwald's Klass. Nr. 24. S. 19*). Statt des Anlaufrohrs kann man eine Federkanone, die aus einer 18 *cm* langen Röhre mit einer Spiralfeder besteht, welche durch einen Zug von je 100 *g* um je 1 *cm* zusammengedrückt wird (H. Hartl. *Zeitschr. f. d. phys. u. chem. Unterr. 7. S. 246. 1894*), oder, wie in der Figur angedeutet ist, einen Wasserstrahl verwenden (Müller-Pfaundler *1. S. 153*). *H. H.-M.*

Neu erschienene Bücher.

J. Hrabák, Praktische Hülfstabellen für logarithmische und andere Zahlenrechnungen. Dritte abgekürzte Ausgabe. Leipzig, B. G. Teubner. 1895.

Die stereotypirten 7 Tabellen nebst einer Zusammenstellung häufig vorkommender Zahlenwerthe und deren Logarithmen, welche die Grösen π und e betreffen, sind einem ausführlicheren „Mathematisch-technischen Tabellenwerke“ desselben Verfassers entnommen. Wie die nachstehende Inhaltsübersicht zeigt, bietet das gut ausgestattete Werkchen für den praktischen Rechner eine Fülle von brauchbarem Material.

Tabelle I enthält die reziproken Werthe aller 4-ziffrigen Zahlen von 1,000 bis 2,999 auf 5 Dezimalen und von 3,000 bis 9,999 auf 6 Dezimalen; Proportional-Theile erlauben, auch die reziproken Werthe von 5-stelligen Zahlen den Tafeln zu entnehmen. Die nächste Tabelle bringt für alle 3-ziffrigen Zahlen n Zahlenwerthe für die Funktionen n^2, n^3, $\sqrt{n}$, $\sqrt[3]{n}$, $\frac{2\pi}{60}n$, $\frac{n}{\pi}$, πn, $\frac{1}{4}\pi n^2$, $2\sqrt{\frac{n}{\pi}}$, $\frac{n^2}{2g}$ (g Beschleunigung durch die Schwere), $\sqrt{2gn}$ und log nat n in drei sich einander ergänzenden Tabellen (IIa bis IIc); IId enthält die 4. bis 9. Potenzen aller 2-ziffrigen Zahlen. Es folgen dann 6-stellige gemeine Logarithmen der Zahlen von 1 bis 20000 und der trigonometrischen Funktionen, ferner eine Tabelle der wirklichen Längen der trigonometrischen Funktionen für den Halbmesser 1 (einschliesslich Sekante und Kosekante) von Minute zu Minute. Den Schluss bilden Tafeln für Kreis-Umfänge und -Flächen für Durchmesser, die nach $^1/_{16}$, $^1/_8$ und $^1/_{12}$ fortschreiten und eine Kreissegment-Tabelle. *Lck.*

Chemiker-Kalender 1897. Herausg. von Dr. R. Biedermann. Mit einer Beilage Berlin, Julius Springer. Preis 4,00 M.

Der achtzehnte Jahrgang des bewährten Taschenbuches weist gegen die früheren, hauptsächlich in der Beilage, Veränderungen auf, die sich auf thermo-chemische Daten und namentlich auf die technische Chemie beziehen. Bei der nächsten Auflage dürften vielleicht einige die Physik betreffenden Abschnitte mit Vortheil einer Umarbeitung unterzogen werden, z. B. diejenigen über Thermometrie und Elektrizität. *Lck.*

E. Mach, Die Prinzipien der Wärmelehre. Historisch-kritisch entwickelt. gr. 8° VIII, 472 S. mit 105 Fig. und 6 Porträts. Leipzig, J. A. Barth. 10,00 M.; geb. in Leinw. 11,00 M.

E. Wiedemann, Das neue physikalische Institut der Universität Erlangen. gr. 8°. 56 S. mit 8 Fig. u. 7 Taf. Leipzig, J. A. Barth. 6,00 M.

J. Weissbach, Lehrbuch der Ingenieur- und Maschinen-Mechanik. 5. Aufl. von Reg.-R. Prof. G. Herrmann. In 3 Theilen. 1. Thl. Lehrbuch der theoretischen Mechanik. 2. Abdruck. Mit über 1000 eingedr. Holzst. gr. 8°. XXVIII, 1311 S. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn. 26,00 M.; geb. in Halbfrz. 28,00 M.

Notiz.

Die in *dieser Zeitschr.* ***16.*** *S. 293. 1896* erschienene Mittheilung des Herrn Ferdinand Ernecke „Hochspannungs-Apparat zur Demonstration der Tesla'schen Versuche“ ist, wie aus dem Text nicht mit genügender Deutlichkeit hervorgeht und der Redaktion erst jetzt bekannt geworden ist, im Wesentlichen schon in einem Vortrag des Herrn Prof. Elster (*Sonderabzug a. d. 10. Jahresbericht d. Ver. f. Naturw. z. Braunschweig*) enthalten, über welchen sich in der *Zeitschr. f. d. phys. u. chem. Unterr.* ***9.*** *S. 139. 1896* ein Referat findet. *Die Red.*

Namen- und Sach-Register.



Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

ZEITSCHRIFT

FÜR

INSTRUMENTENKUNDE.

Organ

für

Mittheilungen aus dem gesammten Gebiete der wissenschaftlichen Technik.

Herausgegeben

unter Mitwirkung der

Physikalisch-Technischen Reichsanstalt

von

E. Abbe in Jena, **Fr. Arzberger** in Wien, **S. Czapski** in Jena, **W. Foerster** in Berlin, **R. Fuess** in Berlin, **R. Helmert** in Potsdam, **W. Jordan** in Hannover, **H. Kronecker** in Bern, **H. Krüss** in Hamburg, **H. Landolt** in Berlin, **V. v. Lang** in Wien, **S. v. Merz** in München, **G. Neumayer** in Hamburg, **A. Raps** in Berlin, **J. A. Repsold** in Hamburg, **A. Rueprecht** in Wien, **A. Westphal** in Berlin.

Redaktion: Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

Sechzehnter Jahrgang.

1896.

12. Heft: Dezember.

Inhalt:

Berlin.

Verlag von Julius Springer.

1896.

Hierzu: Beiblatt (Vereinsblatt d. Deutschen Gesellschaft f. Mechanik u. Optik.) — Nr. 22 bis 24.



Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.



